FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

BETONARME ÇERÇEVE VE PERDELİ BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞLARININ BELİRLENMESİNDE PERDELERİN EŞDEĞER KOLON YAKLAŞIMININ ÖRNEKLERLE KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BEGÜM ÖZTÜRK

İSTANBUL, 2021

FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

BETONARME ÇERÇEVE VE PERDELİ BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞLARININ BELİRLENMESİNDE PERDELERİN EŞDEĞER KOLON YAKLAŞIMININ ÖRNEKLERLE KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BEGÜM ÖZTÜRK
(190241001)

(Danışman)
(Prof. Dr. Zekai Celep)

İSTANBUL, 2021

FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
TEZ ONAY FORMU

25/05/2021

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 190241001 numaralı Begüm Öztürk'ün hazırladığı "Betonarme Çerçeve ve Perdeli Binaların Deprem Davranışlarının Belirlenmesinde Perdelerin Eşdeğer Kolon Yaklaşımının Örneklerle Karşılaştırmalı İncelenmesi " konulu İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, 25/052021 Çarşamba günü saat 16 :30'da yapılmış, sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜNE** karar verilmiştir.

Düzeltme verilmesi halinde:
Adı geçen öğrencinin Tez Savunma Sınavı …/…/20… tarihinde, saat …:… da yapılacaktır.

Tez Adı Değişikliği Yapılması Halinde: Tez adının ……
……..
şeklinde değiştirilmesi uygundur.

Jüri Üyesi	Tarih	İmza
(Danışman) Prof. Dr. Zekai CELEP	25/05/2021	**KABUL**
Prof. İbrahim EKİZ	25/05/2021	**KABUL**
Prof. Dr. Kadir GÜLER	25/05/2021	**KABUL**
(İkinci Danışman) *.....	…/ …/20…	**…….**
*.....	…/ …/20…	**…….**

*2. Danışman varsa doldurulacak

BEYAN/ ETİK BİLDİRİM

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bağlı olduğum üniversite veya bir başka üniversitedeki başka bir çalışma olarak sunulmadığını beyan ederim.

Begüm ÖZTÜRK

İmza

BETONARME ÇERÇEVE VE PERDELİ BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞLARININ BELİRLENMESİNDE PERDELERİN EŞDEĞER KOLON YAKLAŞIMININ ÖRNEKLERLE KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ

Begüm Öztürk

ÖZET

Bu çalışmada, çerçeve ve perdeli binaların deprem etkisi altındaki davranışı yapısal sistemin modellemesi ve analiz yöntemleri esas alınarak karşılaştırmalı incelenmiştir. Deprem kuvvetlerine maruz kalan yapı sistemlerinde bulunan perdelerin en-boy açısından perdelerin modellenmesiyle ilgili karşılaştırma yapabilmek için iki farklı modelleme benimsenmiştir. Bu amaçla betonarme çerçeve ve perdeli taşıyıcı sistemler göz önüne alınmıştır.

Taşıyıcı sistemlerde perdeler eşdeğer kolon ve sonlu kabuk eleman olarak modellenmiştir. Taşıyıcı sistemin narinliğinin (perde yüksekliği/perdenin plandaki büyük boyu) sonuçlar üzerindeki etkisini araştırmak için 8, 12 ve 16 katlı binalar dikkate alınmıştır. Sayısal sonuçları kolay bir şekilde yorumlayabilmek için basit bir kalıp planı seçilmiş olup, bu plan tüm sistemlerde kullanılmıştır. Modelleme konusunda karşılaştırma yapabilmek için, perdelerin yükseklik/plan boyutu oranına bağlı olarak sayısal sonuçlar şekillerde verilmiştir.

Statik yükler altında 8, 12 ve 16 katlı sistemlerin doğrusal ve doğrusal olmayan analizi yapılarak elde edilen sonuçlar incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Doğrusal analizde Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılırken doğrusal olmayan analizde Statik İtme Yöntemi kullanılmıştır.

Çerçeve elemanların doğrusal olmayan davranışları plastik mafsal kabulü ile dikkate alınmıştır. Eşdeğer kolonlar olarak modellenen perdelerde aynı kabuller yapılmıştır. Bununla birlikte, perdelerin doğrusal olmayan davranışı, doğrusal olmayan kabuk elemanlar kabul edilerek göz önüne alınmıştır. Yapılan analiz sonuçları karşılaştırılarak iki farklı perde modelindeki iki çözümün birbiriyle uyuşumu araştırılmıştır. Doğrusal olmayan analizlerde

ise, TBDY (2018)'de verilenlere ek kabuller kullanılmıştır. Bunlar, beton ve donatıların doğrusal olmayan davranışı yanında plastik mafsallarla ilgili kabulleri içermektedir. Deprem hareketindeki belirsizlik nedeniyle analizin sonuçlarında matematiksel kesinlik beklenmemiştir. Doğrusal olmayan analiz çözümündeki belirsizliklerden dolayı, bu sonuçların doğrusal analiz sonuçları göz önüne alınarak kullanılması önerilmiştir.

Sayısal analizlerde genel yapı mühendisliği kabulleri, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS500) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) kuralları kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem analizi, doğrusal analiz, doğrusal olmayan analiz, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, eşdeğer kolon, sonlu kabuk eleman

A COMPARATIVE NUMERICAL STUDY OF THE SEISMIC BEHAVIOR OF THE STRUCTURAL SYSTEMS CONSISTING FRAMES AND SHEAR WALLS BY USING EQUIVALENT COLUMN APPROACH FOR SHEAR WALLS

Begüm Öztürk

ABSTRACT

In this study, reinforced concrete buildings consisting shear walls and frames are investigated by focusing on the modelling of the structural systems and on the analysis methods. Two different models have been adopted in order to for the analysis of the modeling of shear walls in terms of aspect ratio of the shear walls in structural systems subjected to seismic forces. To this end a structural system consisting of frames and shear walls are considered.

In structural systems, shear walls are modeled as equivalent columns and as finite shell elements separately. To investigate the effects of slenderness of the structural system on the results, building having 8, 12 and 16 stories are considered. A simple structural layout is chosen in order to interpret the results clearly and this structural layout is used unchanged in all structural systems. In order to make suggestions on modeling, numerical results are presented in figures depending on the aspect ratio of the shear walls.

The results obtained by carrying out linear and nonlinear analysis of 8, 12 and 16 story systems under static loads are examined and their results are compared. Equiavalent static approach and elastic modal spectral approach are used by employing linear analysis, while inelastic static approach is used by adopting in nonlinear analysis.

The nonlinear behavior of the frame elements is taken into account with the adopting of plastic hinge concept. The same assumptions are employed for shear walls modeled as equivalent columns. Comparing the numerical results of these analyses, the compatibility of the results of the two analyses are investigated by using the different shear wall models. In the

nonlinear analysis, additional assumptions are required in addition to those given in TSCB (2018). These include defining of the non-linear behavior of concrete and reinforcement, as well as the acceptance criteria related to the plastic hinge rotations. Mathematical precision is not expected in the analyses due to uncertainties in earthquake effect. Due to the uncertainties in the nonlinear analysis solution, it is suggested to use these results by taking the linear analysis results into consideration.

In the numerical analyses general structural engineering assumptions, those of Design and Construction Rules for Reinforced Concrete Structures (TS500-2000) and the Turkish Seismic Code for Buildings (TSCB 2018) are employed.

KEYWORDS: Seismic analysis, linear analysis, nonlinear analysis, Turkish Seismic Code for Buildings, equivalent column, finite shell elements

ÖNSÖZ

Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi'nde gerçekleştirdiğim Yüksek Lisans Tezi kapsamında sismik kuvvetlere maruz kalan yapı sistemlerinde perde modellemesi araştırılmış ve perdelerin en-boy açısından modelleme ile ilgili karşılaştırma yapılmıştır. Perdeler için iki farklı model benimsenerek kat sayısı farklı sistemlerin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Tezimin hazırlanmasında bilgilerinden faydalandığım danışmanım Prof. Dr. Zekai CELEP'e ve benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olan bu hayattaki en büyük şansım ve motivasyon kaynağım olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Begüm ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **vi**

ÖNSÖZ ..... **viii**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiv**

TABLO LİSTESİ ..... **xviii**

SEMBOLLER ..... **xxv**

KISALTMALAR ..... **xxix**

GİRİŞ **1**

BİRİNCİ BÖLÜM **2**

1 BETONARME YAPISAL ELEMAN ÖZELLİKLERİ **2**

1.1 DEPREM ETKİSİ ALTINDA BETONARME DÖŞEME, KİRİŞ, KOLON VE PERDE DAVRANIŞI 2

1.1.1 Döşemeler **2**

1.1.2 Kirişler **5**

1.1.3 Kolonlar **7**

1.1.4 Perdeler **9**

1.2 İLGİLİ YÖNETMELİKLER TS500-TBDY 14

1.2.1 Kirişler **14**

1.2.2 Kolonlar **15**

1.2.3 Perdeler **17**

1.3 TBDY'DE KOLON/PERDE AYRIMI 18

1.4 TBDY'DE PERDENİN EŞDEĞER ÇUBUK VE SONLU KABUK ELEMAN OLARAK MODELLENMESİ SINIRLARI 19

1.5 YAPILACAK SAYISAL İNCELEME 20

İKİNCİ BÖLÜM **23**

2 SEÇİLEN BİNALAR **23**

2.1 YAPISAL GEOMETRİ 23

2.2 YAPISAL MALZEMELER 27

2.2.1 Beton Malzemesi **27**

2.2.2 Donatı Malzemesi **27**

2.3 YÜKLER VE YÜK KOMBİNASYONLARI 28

2.3.1 Düşey Statik Yükler **28**

2.3.2 Deprem Yükleri **28**

2.3.2.1 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu 29
2.3.2.2 Düşey Elastik Tasarım Spektrumu..... 31
2.4 DEPREM ETKİLERİNİN BİRLEŞTİRİLMESİ VE TASARIMA ESAS İÇ KUVVETLER İÇİN YÜK BİRLEŞTİRMELERİ..... 32
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM 34
3 BİNALARIN MODELLENMESİ 34
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM 37
4 BİNALARIN DÜŞEY YÜK VE DEPREM ETKİSİNDE TASARIMI 37
4.1 BOYUTLANDIRMA..... 37
4.2 DEPREM ETKİSİNDE TASARIM İÇİN ESASLAR VE DAYANIMA GÖRE TASARIMI..... 41
4.2.1 Kiriş Donatıları..... 44
4.2.2 Kolon Donatıları..... 48
4.2.3 Perde Donatıları 52
4.2.4 Bodrum Perdesi Donatıları 57
BEŞİNCİ BÖLÜM 60
5 BİNALARIN SERBEST TİTREŞİM PERİYOTLARI..... 60
5.1 PERİYOT VE FREKANS DEĞERLERİNİN KAT ADEDİ VE MODELE BAĞLI DEĞİŞİMİ..... 60
5.2 DÖŞEME TİTREŞİMLERİNİ KALDIRMAK İÇİN YAPILAN KÜTLE TANIMI62
ALTINCI BÖLÜM..... 64
6 EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ 64
6.1 HESAP YÖNTEMİ..... 64
6.1.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 64
6.1.2 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 65
6.1.3 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 66
6.1.4 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 67
6.1.5 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 67
6.1.6 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 68
6.2 SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI 69
6.3 PERDE VE KOLONLARIN KESME KUVVETİ VE EĞİLME MOMENTİNİN YÜKSEKLİK BOYUNCA DEĞİŞİMİ 75
6.3.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 75
6.3.2 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 77

6.3.3 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 79
6.3.4 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 80
6.3.5 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 82
6.3.6 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 84
YEDİNCİ BÖLÜM 86
7 MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ 86
7.1 KÜTLE KATILIM ORANLARI 86
7.1.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 86
7.1.2 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 86
7.1.3 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 87
7.1.4 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 87
7.1.5 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 88
7.1.6 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 88
7.2 HESAP YÖNTEMİ 89
7.2.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 90
7.2.2 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 90
7.2.3 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 90
7.2.4 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 91
7.2.5 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 91
7.2.6 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 92
7.2.7 Sonuçların Karşılaştırılması 92
7.3 PERDE VE KOLONLARIN KESME KUVVETİ VE EĞİLME MOMENTİNİN YÜKSEKLİK BOYUNCA DEĞİŞİMİ 98
7.3.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 98
7.3.2 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 100
7.3.3 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 101
7.3.4 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 103
7.3.5 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem 104
7.3.6 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem 106
7.4 EŞDEPER DEPREM YÜKÜ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 107
SEKİZİNCİ BÖLÜM 110
8 SİSTEMLERİN DOĞRUSAL OLMAYAN ÇÖZÜMÜ İÇİN TAŞIYICI SİSTEM MODELİ 110

DOKUZUNCU BÖLÜM **113**
9 STATİK İTME YÖNTEMİ **113**
9.1 8 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM 115
9.1.1 Plastik Mafsal Sınır Değerlerinin Belirlenmesi **115**
9.1.1.1 Kiriş Kesiti Sınır Değerleri 115
9.1.1.1.1 Kiriş Kesitinde Negatif Moment Akma Durumu ***115***
9.1.1.1.2 Kiriş Kesitinde Pozitif Moment Akma Durumu ***117***
9.1.1.1.3 Kiriş Kesitinde Güç Tükenmesi Durumu ***119***
9.1.1.1.4 Performans Düzeyleri İçin Plastik Mafsal Dönme Değerleri ***119***
9.1.1.2 Kolon Kesiti Sınır Değerleri 121
9.1.1.2.1 Kolon Kesitinde Akma Durumu ***121***
9.1.1.2.2 Kolon Kesitinde Güç Tükenmesi Durumu ***127***
9.1.1.2.3 Performans Düzeyleri İçin Plastik Mafsal Dönme Değerleri ***128***
9.1.1.3 Perde Kesiti Sınır Değerleri 132
9.1.2 Statik İtme Eğrisinin Elde Edilmesi **133**
9.1.3 Performans Noktasının ve Karşı Gelen Performans Bölgelerinin Belirlenmesi **135**
9.2 8 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM 141
9.2.1 Plastik Mafsal Sınır Değerlerinin Belirlenmesi **141**
9.2.1.1 Kiriş Kesiti Sınır Değerleri 141
9.2.1.2 Kolon Kesiti Sınır Değerleri 142
9.2.1.3 Perde Kesiti Sınır Değerleri 143
9.2.2 Statik İtme Eğrisinin Elde Edilmesi **145**
9.2.3 Performans Noktasının ve Karşı Gelen Performans Bölgelerinin Belirlenmesi **145**
9.3 12 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM 152
9.3.1 Plastik Mafsal Sınır Değerlerinin Belirlenmesi **152**
9.3.1.1 Kiriş Kesiti Sınır Değerleri 152
9.3.1.2 Kolon Kesiti Sınır Değerleri 153
9.3.1.3 Perde Kesiti Sınır Değerleri 154
9.3.2 Statik İtme Eğrisinin Elde Edilmesi **154**
9.3.3 Performans Noktasının ve Karşı Gelen Performans Bölgelerinin Belirlenmesi **155**
9.4 12 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM 165

9.4.1 Plastik Mafsal Sınır Değerlerinin Belirlenmesi 165
9.4.1.1 Kiriş Kesiti Sınır Değerleri 165
9.4.1.2 Kolon Kesiti Sınır Değerleri 166
9.4.1.3 Perde Kesiti Sınır Değerleri 167
9.4.2 Statik İtme Eğrisinin Elde Edilmesi 168
9.4.3 Performans Noktasının ve Karşı Gelen Performans Bölgelerinin Belirlenmesi 169
9.5 16 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM 173
9.5.1 Plastik Mafsal Sınır Değerlerinin Belirlenmesi 173
9.5.1.1 Kiriş Kesiti Sınır Değerleri 173
9.5.1.2 Kolon Kesiti Sınır Değerleri 174
9.5.1.3 Perde Kesiti Sınır Değerleri 175
9.5.2 Statik İtme Eğrisinin Elde Edilmesi 176
9.5.3 Performans Noktasının ve Karşı Gelen Performans Bölgelerinin Belirlenmesi 176
9.6 16 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM 190
9.6.1 Plastik Mafsal Sınır Değerlerinin Belirlenmesi 190
9.6.1.1 Kiriş Kesiti Sınır Değerleri 190
9.6.1.2 Kolon Kesiti Sınır Değerleri 191
9.6.1.3 Perde Kesiti Sınır Değerleri 192
9.6.2 Statik İtme Eğrisinin Elde Edilmesi 193
9.6.3 Performans Noktasının ve Karşı Gelen Performans Bölgelerinin Belirlenmesi 194
9.7 SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI 201
9.8 DOĞRUSAL HESAP YÖNTEMLERİ İLE STATİK İTME YÖNTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 205
SONUÇLAR 208
KAYNAKÇA 213

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Rijit Diyafram Kabulünde Üç Yer Değiştirme **3**

Şekil 1.2 Diyaframlar ile Çerçeve ve Perde Sistemde Yer Değiştirme **4**

Şekil 1.3 Basit Eğilme Etkisi Altında Betonarme Kesitte Moment-Eğrilik Bağıntısı **5**

Şekil 1.4 Normal Kuvvet Etkisindeki Kolon Kesitinin Moment Eğrilik Bağıntısı **8**

Şekil 1.5 Perdelerde Düşey Süreksizlikler **10**

Şekil 1.6 Çeşitli Perde Kesitleri **10**

Şekil 1.7 Dikdörtgen Perde İçin Tipik Donatı Düzeni **11**

Şekil 1.8 Çerçeve ve Perde Etkileşimi **13**

Şekil 1.9 Kirişlerle İlgili Kurallar (TBDY Şekil 7.8) **14**

Şekil 1.10 Kolon Donatı Düzeni (TBDY Şekil 7.3) **16**

Şekil 1.11 Perde Donatı Düzeni (TBDY Şekil 7.11) **18**

Şekil 2.1 Binaların Tipik Kat Kalıp Planı **24**

Şekil 2.2 Çubuk Perdeli Çerçeveli Kat Adetleri Farklı Üç Sistemin XZ Y=0'daki Boykesitleri **25**

Şekil 2.3 Kabuk Perdeli Çerçeveli Kat Adetleri Farklı Üç Sistemin XZ Y=0'daki Boykesitleri **25**

Şekil 2.4 8 Katlı Çubuk Perdeli ve Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemlerin Üç Boyutlu Görünümü **26**

Şekil 2.5 12 Katlı Çubuk Perdeli ve Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemlerin Üç Boyutlu Görünümü **26**

Şekil 2.6 16 Katlı Çubuk Perdeli ve Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemlerin Üç Boyutlu Görünümü **27**

Şekil 2.7 Analizi Yapılacak Sistemlerin Konumu **29**

Şekil 2.8 F_S Değeri **30**

Şekil 2.9 F_1 Değeri **30**

Şekil 2.10 DD-2 Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu **31**

Şekil 2.11 Düşey Deprem Etkisi Bölümü (TBDY 4.4.3) **32**

Şekil 4.1 TBDY Bölüm 4.1 ..... **44**

Şekil 4.2 8, 12 ve 16 Katlı Çubuk ve Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemler İçin K101 Kirişi Donatı Düzeni **46**

Şekil 4.3 8, 12 ve 16 Katlı Çubuk ve Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemler İçin K103, K104 Kirişi Donatı Düzeni **47**

Şekil 4.4 Kolon Donatı Düzeni **49**

Şekil 4.5 Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Etkili Olan Perde Donatı Düzeni **53**

Şekil 4.6 Kritik Perde Yüksekliği Dışında Etkili Olan Perde Donatı Düzeni **53**

Şekil 5.1 1. ve 2. Titreşim Modu Periyot ve Frekans Değerlerinin Karşılaştırılması **61**

Şekil 5.2 3. Titreşim Modu Periyot ve Frekans Değerlerinin Karşılaştırılması **61**

Şekil 6.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı **76**

Şekil 6.2 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi **77**

Şekil 6.3 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı **78**

Şekil 6.4 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi **78**

Şekil 6.5 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı **79**

Şekil 6.6 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi **80**

Şekil 6.7 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı **81**

Şekil 6.8 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi **81**

Şekil 6.9 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı **83**

Şekil 6.10 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi **83**

Şekil 6.11 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı **85**

Şekil 6.12 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi **85**

Şekil 7.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı **99**

Şekil 7.2 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi **99**

Şekil 7.3 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı **100**

Şekil 7.4 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi **101**

Şekil 7.5 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı **102**

Şekil 7.6 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi **102**

Şekil 7.7 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı **103**

Şekil 7.8 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi **104**

Şekil 7.9 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı **105**

Şekil 7.10 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi **105**

Şekil 7.11 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı **107**

Şekil 7.12 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi **107**

Şekil 9.1 K101 Kiriş Kesiti **115**

Şekil 9.2 S101 (3-1) Kolon Kesiti **121**

Şekil 9.3 S101 (3-1) Kolonu Moment Eğrilik Bağıntısı **130**

Şekil 9.4 P103 (ZK-BK) Perde Kesiti **132**

Şekil 9.5 P103 (ZK-BK) Perdesi Moment Eğrilik Bağıntısı **132**

Şekil 9.6 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Statik İtme Eğrisi **134**

Şekil 9.7 DD-2 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu **135**

Şekil 9.8 DD-2 Talep Eğrisi **136**

Şekil 9.9 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Kapasite Eğrisi **136**

Şekil 9.10 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Performans Noktasının Bulunması **137**

Şekil 9.11 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Statik İtme Eğrisi **145**

Şekil 9.12 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Kapasite Eğrisi **146**

Şekil 9.13 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Performans Noktasının Bulunması **146**

Şekil 9.14 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Statik İtme Eğrisi **155**

Şekil 9.15 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Kapasite Eğrisi **156**

Şekil 9.16 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Performans Noktasının Bulunması .. **156**

Şekil 9.17 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Statik İtme Eğrisi **169**

Şekil 9.18 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Kapasite Eğrisi..... **169**

Şekil 9.19 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Performans Noktasının Bulunması.. **170**

Şekil 9.20 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Statik İtme Eğrisi **176**

Şekil 9.21 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Kapasite Eğrisi..... **177**

Şekil 9.22 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Performans Noktasının Bulunması.. **177**

Şekil 9.23 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Statik İtme Eğrisi **194**

Şekil 9.24 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Kapasite Eğrisi..... **194**

Şekil 9.25 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Performans Noktasının Bulunması.. **195**

Şekil 9.26 Çubuk Perdeli Sistemlerin Statik İtme Eğrilerinin Karşılaştırılması **202**

Şekil 9.27 Kabuk Perdeli Sistemlerin Statik İtme Eğrilerinin Karşılaştırılması **202**

Şekil 9.28 8 Katlı Sistemlerin Statik İtme Eğrilerinin Karşılaştırılması **203**

Şekil 9.29 12 Katlı Sistemlerin Statik İtme Eğrilerinin Karşılaştırılması **203**

Şekil 9.30 16 Katlı Sistemlerin Statik İtme Eğrilerinin Karşılaştırılması **204**

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Döşemelere Gelen Yükler **28**

Tablo 2.2 Elde Edilen Çıktılar **31**

Tablo 2.3 Yük Tanımları **32**

Tablo 3.1 Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı (TBDY Tablo 4.3) **35**

Tablo 3.2 Etkin Kesit Rijitlik Değerleri (TBDY Tablo 4.2) **36**

Tablo 4.1 Kirişlerin Ön Boyutlarının Yönetmelik Esaslarına Göre Kontrolü **37**

Tablo 4.2 8, 12 ve 16 Katlı Sistemlerin Kolon Ön Boyutlandırılması **38**

Tablo 4.3 8, 12 ve 16 Katlı Sistemlerde Seçilen Kolon Boyutları **40**

Tablo 4.4 Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları (TBDY Tablo 3.1) **42**

Tablo 4.5 Deprem Tasarım Sınıfları (TBDY Tablo 3.2) **42**

Tablo 4.6 Bina Yükseklik Sınıfları (TBDY Tablo 3.3) **43**

Tablo 4.7 Bina Performans Hedefi (TBDY Tablo 3.4) **43**

Tablo 4.8 Taşıyıcı Sistem Davranış ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı (TBDY Tablo 4.1) **44**

Tablo 4.9 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kiriş Donatıları **47**

Tablo 4.10 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kiriş Donatıları **47**

Tablo 4.11 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kiriş Donatıları **47**

Tablo 4.12 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kiriş Donatıları **48**

Tablo 4.13 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kiriş Donatıları **48**

Tablo 4.14 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kiriş Donatıları **48**

Tablo 4.15 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kolon Donatıları **50**

Tablo 4.16 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kolon Donatıları **50**

Tablo 4.17 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kolon Donatıları **50**

Tablo 4.18 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kolon Donatıları **51**

Tablo 4.19 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kolon Donatıları **51**

Tablo 4.20 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kolon Donatıları **52**

Tablo 4.21 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Perde Donatıları **55**

Tablo 4.22 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Perde Donatıları **56**

Tablo 4.23 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Perde Donatıları **56**

Tablo 4.24 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Perde Donatıları **56**

Tablo 4.25 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Perde Donatıları **56**

Tablo 4.26 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Perde Donatıları **57**

Tablo 4.27 Altı Sistemde Oluşan Düzlem İçi Kuvvet Değerleri **58**

Tablo 4.28 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Bodrum Perdesi Donatıları **58**

Tablo 4.29 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Bodrum Perdesi Donatıları **58**

Tablo 4.30 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Bodrum Perdesi Donatıları **58**

Tablo 4.31 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Bodrum Perdesi Donatıları **58**

Tablo 4.32 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Bodrum Perdesi Donatıları **59**

Tablo 4.33 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Bodrum Perdesi Donatıları **59**

Tablo 5.1 İlk 3 Titreşim Modu Periyot ve Frekans Değerleri **60**

Tablo 5.2 Kat Farkından Dolayı Sistemlerde Oluşan Periyot Artışı **61**

Tablo 5.3 Model Farkından Dolayı Sistemlerde Oluşan Periyot Artışı **62**

Tablo 6.1 Sistemlerin Eşdeğer Statik Sonuçları **69**

Tablo 6.2 Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Bütün Sistemlerle Karşılaştırılması **70**

Tablo 6.3 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri **75**

Tablo 6.4 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri **77**

Tablo 6.5 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri **79**

Tablo 6.6 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri **80**

Tablo 6.7 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri **82**

Tablo 6.8 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri **84**

Tablo 7.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Modal Kütle Katılım Oranları **86**

Tablo 7.2 8 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Modal Kütle Katılım Oranları **87**

Tablo 7.3 12 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Modal Kütle Katılım Oranları **87**

Tablo 7.4 12 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Modal Kütle Katılım Oranları **88**

Tablo 7.5 16 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Modal Kütle Katılım Oranları **88**

Tablo 7.6 16 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Modal Kütle Katılım Oranları **89**

Tablo 7.7 Mod Birleştirme Yönteminin Bütün Sistemlerle Karşılaştırılması **93**

Tablo 7.8 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri **98**

Tablo 7.9 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri **100**

Tablo 7.10 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri **101**

Tablo 7.11 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri **103**

Tablo 7.12 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri **104**

Tablo 7.13 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri **106**

Tablo 7.14 İki Yöntemin Bütün Sistemlerde Karşılaştırılması **108**

Tablo 8.1 TBDY Tablo 3.4.c **110**

Tablo 9.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **120**

Tablo 9.2 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **121**

Tablo 9.3 S101 (3-1) Kolonu El Hesabı Dönme Değerleri **129**

Tablo 9.4 S101 (3-1) Kolonu SAP2000 Dönme Değerleri **130**

Tablo 9.5 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde $N_{G+0,3Q+E}$ Değerleri **131**

Tablo 9.6 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **131**

Tablo 9.7 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **131**

Tablo 9.8 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **132**

Tablo 9.9 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **133**

Tablo 9.10 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Yer Değiştirme Değerleri **134**

Tablo 9.11 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri **138**

Tablo 9.12 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri **141**

Tablo 9.13 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **141**

Tablo 9.14 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **142**

Tablo 9.15 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde $N_{G+0,3Q+E}$ Değerleri **142**

Tablo 9.16 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **142**

Tablo 9.17 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **143**

Tablo 9.18 8 Katlı Kabuk Perdeli Sistem'de Doğrusal Olmayan Modelleme İçin Tanımlanan Kesitler **144**

Tablo 9.19 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **144**

Tablo 9.20 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Dönme Sınırları **144**

Tablo 9.21 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Yer Değiştirme Değerleri **145**

Tablo 9.22 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri **148**

Tablo 9.23 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri **151**

Tablo 9.24 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **152**

Tablo 9.25 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **152**

Tablo 9.26 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde $N_{G+0,3Q+E}$ Değerleri **153**

Tablo 9.27 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **153**

Tablo 9.28 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **154**

Tablo 9.29 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **154**

Tablo 9.30 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **154**

Tablo 9.31 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Yer Değiştirme Değerleri **155**

Tablo 9.32 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri **158**

Tablo 9.33 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri **165**

Tablo 9.34 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **165**

Tablo 9.35 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **166**

Tablo 9.36 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde $N_{G+0,3Q+E}$ Değerleri **166**

Tablo 9.37 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **167**

Tablo 9.38 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **167**

Tablo 9.39 12 Katlı Kabuk Perdeli Sistem'de Doğrusal Olmayan Modelleme İçin Tanımlanan Kesitler **168**

Tablo 9.40 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **168**

Tablo 9.41 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Dönme Sınırları **168**

Tablo 9.42 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Yer Değiştirme Değerleri **169**

Tablo 9.43 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri **171**

Tablo 9.44 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri **173**

Tablo 9.45 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **173**

Tablo 9.46 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **173**

Tablo 9.47 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde $N_{G+0,3Q+E}$ Değerleri **174**

Tablo 9.48 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **175**

Tablo 9.49 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **175**

Tablo 9.50 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **175**

Tablo 9.51 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **175**

Tablo 9.52 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Yer Değiştirme Değerleri **176**

Tablo 9.53 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri **179**

Tablo 9.54 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri **189**

Tablo 9.55 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **190**

Tablo 9.56 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **190**

Tablo 9.57 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde $N_{G+0,3Q+E}$ Değerleri **191**

Tablo 9.58 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **192**

Tablo 9.59 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları **192**

Tablo 9.60 16 Katlı Kabuk Perdeli Sistem'de Doğrusal Olmayan Modelleme İçin Tanımlanan Kesitler **193**

Tablo 9.61 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Moment Eğrilik Değerleri **193**

Tablo 9.62 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Dönme Sınırları **193**

Tablo 9.63 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Yer Değiştirme Değerleri **194**

Tablo 9.64 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri **196**

Tablo 9.65 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri **201**

Tablo 9.66 Statik İtme Yönteminin Bütün Sistemlerle Karşılaştırılması **205**

Tablo 9.67 Hesap Yöntemlerinin Toplam Altı Sistemle Karşılaştırılması **206**

SEMBOLLER

G : Sabit yük

Q : Hareketli yük

E : Deprem etkisi

P_d : 1.4G+1.6Q yük birleşimi

$E_d^{(Z)}$: Düşey deprem etkisi

H : Yatay zemin itkisi

g : Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)

m_t : Bina toplam kütlesi

W : Bina toplam ağırlığı

k : Sistem yatay öteleme rijitliği

h_i : Bina i. kat yüksekliği

H_N : Bina toplam yüksekliği

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme değeri

S_1 : 1 saniye periyot harita spektral ivme değeri

F_S : Kısa periyot bölgesi yerel zemin etki değeri

F_1 : 1 saniye periyot bölgesi yerel zemin etki değeri

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme değeri

S_{D1} : 1 saniye periyot tasarım spektral ivme değeri

S_{ae} : Yatay elastik tasarım spektral ivmesi değeri

S_{aR} : Azaltılmış yatay spektral ivmesi değeri

T : Doğal titreşim periyodu

f : Doğal titreşim frekansı

T_A : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyot değeri

T_B : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyot değeri

n : Hareketli yük katılım değeri, modüler oran

I : Bina önem katsayısı

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

D : Dayanım fazlalığı katsayısı

ZB : Az ayrışmış, orta sağlam kayalar yerel zemin sınıfı

$\mathbf{E_c}$: Beton elastisite modülü

$\mathbf{f_{ck}}$: Beton karakteristik basınç dayanımı

$\mathbf{f_{cd}}$: Beton tasarım basınç dayanımı

$\mathbf{f_{ce}}$: Betonun beklenen basınç dayanımı

$\mathbf{E_s}$: Çelik elastisite modülü

$\mathbf{f_{yk}}$: Çelik karakteristik akma dayanımı

$\mathbf{f_{yd}}$: Çelik tasarım akma dayanımı

$\mathbf{f_u}$: Çelik minimum kopma dayanımı

$\mathbf{f_{ye}}$: Çelik beklenen akma dayanımı

$\mathbf{f_{ue}}$: Çelik beklenen kopma dayanımı

b : Etkili tabla genişliği

$\mathbf{b_w}$: Kesit genişliği

h : Kesit yüksekliği

$\mathbf{h_f}$: Döşeme kalınlığı

d' : Pas payı

d : Etkili derinlik

l : Açıklık, boy

$\mathbf{l_{sn}}$: Temiz açıklık

$\mathbf{l_w}$: Perdenin plandaki boyu

$\mathbf{H_{cr}}$: Kritik perde yüksekliği

$\mathbf{H_w}$: Perde yüksekliği

ρ : Donatı oranı

$\mathbf{\Phi_l}$: Boyuna donatı çapı

Φ_h : Enine donatı çapı

A_c : Kesit alanı

P, N : Normal kuvvet

V : Kesme kuvveti

M : Eğilme momenti

V_{tE} : Toplam eşdeğer deprem yükü değeri (taban kesme kuvveti)

$V_{tE,min}$: Minimum taban kesme kuvveti değeri

V_t : Mod Birleştirme Yöntemi'nden elde edilen en büyük taban kesme kuvveti değeri

u : Tepe yer değiştirmesi

γ_E : Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının belirlenmesinde kullanılan ampirik değer

β_E : Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı

A_s : Çekme donatısı alanı

A_s' : Basınç donatısı alanı

F_c : Beton basınç kuvveti

F_s : Donatı çeliği çekme kuvveti

σ_c : Beton gerilmesi

σ_s : Çekme donatısı gerilmesi

σ_s' : Basınç donatısı gerilmesi

ε_c : Beton birim kısalması

ε_s : Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi

x : Tarafsız eksen yüksekliği

$(EI)_e$: Çatlamış kesitte etkin kesit eğilme rijitliği

$(EI)_0$: Çatlamamış kesitte eğilme rijitliği

L_s : Kesme açıklığı

η : Akma dönmesi denkleminde yer alan bir katsayı (Kiriş ve kolonlarda 1 perdelerde 0.5 alınır.)

$\mathbf{L_p}$ **:** Plastik mafsal boyu

$\mathbf{d_b}$ **:** Boyuna donatı çapı değeri

$\mathbf{M_y}$ **:** Akma momenti

$\mathbf{M_u}$ **:** Güç tükenmesi momenti

$\mathbf{\Phi_y}$ **:** Akma eğriliği

$\mathbf{\Phi_u}$ **:** Güç tükenmesi eğriliği

$\mathbf{\theta_y}$ **:** Akma dönmesi

$\mathbf{\theta_p}$ **:** Plastik mafsal dönme değeri

$\mathbf{\theta_p^{(SH)}}$ **:** Sınırlı Hasar performans düzeyi için plastik dönme sınır değeri

$\mathbf{\theta_p^{(KH)}}$ **:** Kontrollü Hasar performans düzeyi için plastik dönme sınır değeri

$\mathbf{\theta_p^{(GÖ)}}$ **:** Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için plastik dönme sınır değeri

$\mathbf{S_d}$ **:** Spektral yer değiştirme

$\mathbf{S_a}$ **:** Spektral ivme

KISALTMALAR

BKS	Bina Kullanım Sınıfı
BYS	Bina Yükseklik Sınıfı
DD-2	50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DGT	Dayanıma Göre Tasarım
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
GÖ	Göçme Öncesi Hasar
KH	Kontrollü Hasar
SH	Sınırlı Hasar
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TS498	Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TS500:2000	Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları

GİRİŞ

Yaşadığımız coğrafi bölge dünyada depremlerin fazla olduğu bölgelerden biridir. Son yıllarda yaşadığımız depremler can ve mal kayıplarına sebep olmuştur. Ortaya çıkan kayıplarda betonarme yapıların ciddi hasar gördüğü ve kullanılamaz hale geldiği tespit edilmiştir. Bu üzücü tablo karşısında ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımı konusu oldukça önem kazanmıştır. Yeni yapılacak olan binaların depreme dayanıklı tasarımının yapılması, mevcut binalarda deprem etkisi altında oluşabilecek hasar durumlarının belirlenmesi ve can güvenliği yetersiz binaların güçlendirilmesinin yapılması önem kazanmıştır. Bu yüzden performansa dayalı tasarım ve değerlendirme Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de önemli bir konudur.

Betonarmede, yapılarda belirlenen düşey statik yükler altında ve deprem yükleriyle birlikte sistemin statik analizi ve tasarımı yapılır. Doğrusal analiz ve tasarım aşamalarında doğrusal elastik malzeme kabulüyle elastik tasarım yöntemi kullanılır. Bu yöntem normal yükleme altında çoğu yapı malzemesinde geçerlidir. Yönetmeliklerde Momentin Yeniden Dağılımı, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı veya Deprem Yükü Azaltma Katsayısı gibi kabullerle taşıyıcı sistemlerin doğrusal olmayan davranışı göz önüne alınır. Doğrusal olmayan davranış ve kapasite daha çok deprem etkisi altında göz önüne alındığı için depreme dayanıklı yapı tasarımında inşaat mühendislerinin bu konu hakkında bilgi sahibi olması beklenir.

Beton ve çelik gibi malzemelerin davranışının daha yakından tanınması, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerin daha ayrıntılı hesabı sayesinde betonarme taşıyıcı sistemlerin doğrusal olmayan davranışının daha ayrıntılı ve gerçekçi bir biçimde göz önüne alınmasını ve elastik ötesi analizin yaygınlaşmasını sağlamıştır. Mevcut binaların hasar durumlarının belirlenmesinde ve güçlendirmede performansa dayalı tasarım ve değerlendirme kullanıldığı için doğrusal olmayan analiz yaygınlaşmıştır. TBDY 2018 Bölüm 4.5.3.6'ya göre betonarme perdeler eşdeğer çubuk eleman veya sonlu kabuk eleman olarak modellenebilir. Bu çalışmada eşdeğer çubuk eleman ve sonlu kabuk eleman modeli dikkate alınarak bina kullanım amacı konut olan 8, 12 ve 16 katlı taşıyıcı sistemlerin doğrusal ve doğrusal olmayan analizi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1 BETONARME YAPISAL ELEMAN ÖZELLİKLERİ

1.1 DEPREM ETKİSİ ALTINDA BETONARME DÖŞEME, KİRİŞ, KOLON VE PERDE DAVRANIŞI

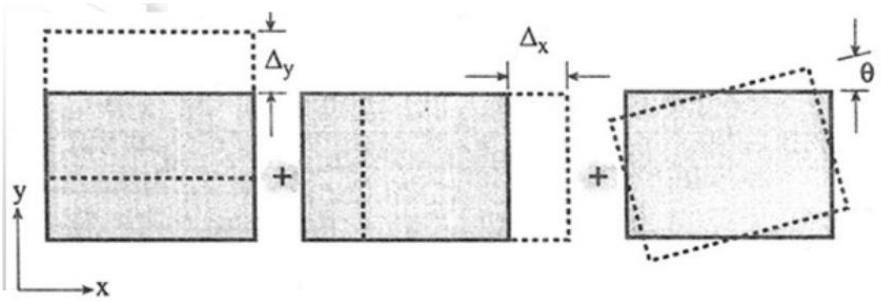
Bina yapıları genellikle düşey ve yanal yükleri karşılamak için yapılandırılmış üç boyutlu yapısal elemanlar çerçevesini içerir. Üç boyutlu sistemin tamamı, yüklere karşı bütünsel olarak hareket etse de sismik kuvvete dayanıklı sistemi genellikle düşey elemanlar, yatay elemanlar ve temel olarak kabul ederiz. Düşey elemanlar, temel ile yükseltilmiş seviyeler arasında uzanır, düşey ve deprem kuvvetlerini üst seviyelerden temele iletmek için bir yük yolu sağlar. Depreme dayanıklı bir yapının temel yapısal elemanları döşemeler, düşey çerçeve elemanları ve temellerdir. Betonarme binalarda, düşey elemanlar genellikle moment aktaran çerçeveler ya da yapısal perdelerdir. Binalar maksimum beklenen deprem yer hareketleri altında düşey yükleri güvenli bir şekilde destekleyebilmelidir. Bu kabiliyetin sağlanmaması, geçmiş depremlerde binanın taşıyıcı sisteminin göçme durumuna gelmesine neden olmuştur. Taşıyıcı sistemlerin deprem yükü etkisindeki elemanlarının davranışının belirlenmesi, depreme dayanıklı bina tasarımı için önemlidir. [15] Bu bölümde betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının deprem etkisi altındaki davranışları anlatılmıştır.

1.1.1 Döşemeler

Döşemeler, sabit yüklerin ve hareketli yüklerin bulunduğu elemanlar olduğu için, düşey yükleri karşılayarak kiriş, kolon, perde gibi elemanlara bu yükleri ileten iki boyutlu taşıyıcı elemanlardır. Düşey yüklerin yanında deprem yüklerinin de düşey taşıyıcı elemanlara aktarılmasında önemli rol oynar. Döşemeler, düzlem içi yüklerin etkisi altındadır ve döşemelerin yük aktarımları, düzlem içi gerilmeler etkisinde levha davranışıyla gerçekleşir. Döşemeler kirişleri birbirine bağlayarak sistemleri yatay yüke karşı rijitleştirir ve yatay yükün kirişlere, kolonlara ve perdelere iletimini sağlarlar. Genellikle döşemelerin düzlem içi rijitliği büyük ve düzlem içi şekil değiştirmeleri küçük olduğu için ihmal edilir. [4]

Uygun kalınlıktaki döşemeler ve boşluk bulunmayan döşemelerde, rijit diyafram kabulü geçerli olur ve döşemelerin düzlem içi yer değiştirmelerinin rijit davranış gösterdiği kabul edilir. Şekil 1.1'deki gibi bu yer değiştirmeler iki doğrultuda öteleme (u_x, u_y) ve düşey eksen etrafında dönme (θ) olarak 3 yer değiştirme ile tanımlanır.

Bazı durumlarda döşemelerde rijit diyafram kabulü geçerli olmaz. Döşemelerde büyük boşlukların bulunması, döşeme kesitinin dikdörtgen değil de L, U gibi biçimlerde olması, döşemelerin kalınlığının ani değişim göstermesi gibi durumlar ek zorlamaların oluşmasına sebebiyet verir. Bu durumda döşemelerin rijit yer değiştirme yapmadığı, döşemelerin birbirlerine göre göreli yer değiştirme yaptığı görülür. Bu da taşıyıcı sistem düzensizliğini ortaya çıkarır. Bunun sonucunda rijit diyafram kabulündeki üç serbestlik derecesi yetersiz kalır ve döşemelerin düzlem içi şekil değiştirmeleri ihmal edilemez. [5]



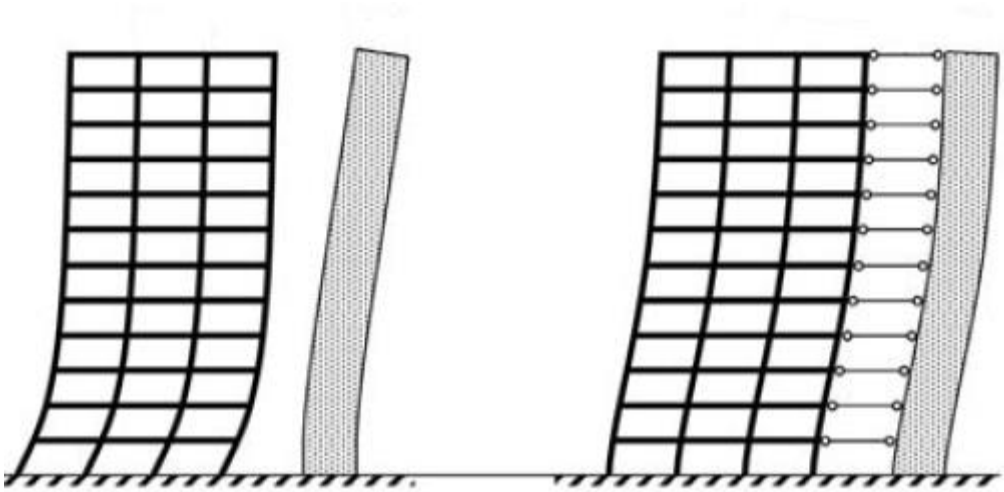
Şekil 1.1 Rijit Diyafram Kabulünde Üç Yer Değiştirme

Depreme dayanıklı yapı tasarımının ilkelerinden biri, sismik kuvvete dayanıklı sistemin düşey elemanlarını birbirine bağlayabilen nispeten sağlam ve hasarsız bir döşeme sağlamaktır. Bu nedenle, döşemeler esasen doğrusal davranış için tasarlanmıştır. Bir döşemenin sismik tasarımı, düşey elemanlara giden yük yollarını açıkça tanımlamalı ve bu yük yolu boyunca, düşey elemanlar tarafından geliştirilebilecek maksimum kuvvete en az eşit olan bu döşeme mukavemetini sağlamayı amaçlamalıdır.

Döşemeler, atalet kuvvetlerini zeminden sismik kuvvete dayanıklı sistemin düşey elemanlarına iletir. Ayrıca düşey elemanları birbirine bağlar ve böylece deprem sarsıntısı sırasında gerekli olabilecek kuvvetleri bu elemanlar arasında dengeler ve iletir. Döşemeler bu nedenle sismik kuvvete dayanıklı sistemin önemli bir parçasıdır ve deprem sarsıntısı sırasında yapısal sistemin yeterince performans göstermesini sağlamak için yapı mühendisinin tasarım dikkatini gerektirir.

Döşemeler binalardaki düşey ve yanal yüklere karşı koymak için birden fazla rol

oynar. Düşey yükleri destekler. Döşemeler, her kat seviyesinde sistemin düşey elemanlarını birbirine bağlayarak, yanal yüklere karşı koymak için üç boyutlu çerçeveyi tamamlar. Dış duvarlar ve kaplama, bir bina depreme tepki verirken düzlem dışı yanal atalet kuvvetleri oluşturur. Düzlem dışı kuvvetler, açıktaki duvar yüzeylerine etki eden rüzgar basıncından dolayı da gelişir. Döşemeden duvara bağlantılar, bu düzlem dışı kuvvetlere direnç sağlar. Zemin sistemi genellikle binanın kütlesinin çoğunu oluşturur. Sonuç olarak, döşeme düzleminde önemli atalet kuvvetleri gelişebilir. Depreme dayanıklı binalarda döşemenin ana rollerinden biri, duvarların ve kolonların bağımlı kısımlarından kaynaklananlar da dahil olmak üzere, bu yanal atalet kuvvetlerini düşey elemanlarına aktarmaktır. Atalet kuvvetlerine karşı koymanın yanı sıra, döşemeler ayrıca sistemin farklı düşey elemanları arasında kuvvetleri aktarabilmelidir. Örneğin, bağımsız olarak hareket eden çerçeveler ve perdeler, yanal yükler altında farklı yer değiştirme profillerine sahiptirler. Şekil 1.2'deki gibi bir döşeme ile birbirine bağlanırsa, döşeme yer değiştirme uyumluluğunu benimsediği için iç kuvvetler geliştirir. Hemen hemen tüm binalarda, tasarımda incelenmesi ve dikkate alınması gereken bu tür kuvvet aktarımları vardır. [14]



Şekil 1.2 Diyaframlar ile Çerçeve ve Perde Sistemde Yer Değiştirme

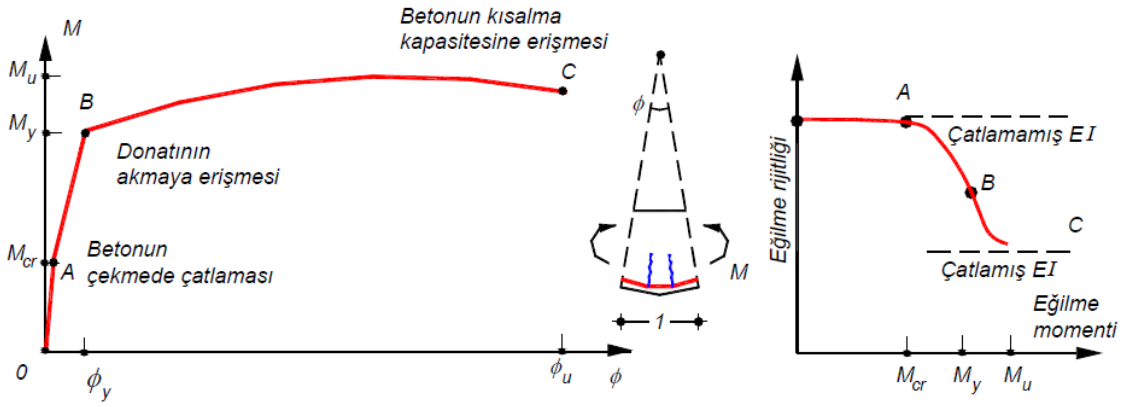
Döşemelerin doğrudan kolon veya perdelere mesnetlik etmesi durumunda yani kirişsiz döşemelerde birleşim bölgelerinde kesit etkilerinde artış ve gerilme yığılmaları oluşur. Bu kuvvet iletimi için ek donatıya ihtiyaç duyulabilir. Döşemelerde bulunan boşluk gibi süreksizliklerde de deprem yükünün aktarımında gerilme yığılmalarının oluşması ve rijit diyafram kabulünün geçerli olmadığı görülür.

Bu gibi durumlarda döşemelerin, deprem yüklerinin kiriş, kolon ve perdelere olan yük aktarımında düzlem içi eğilme etkisini göz önüne alarak yük aktarımının güvenle iletilmesi

gerekmektedir. [5]

1.1.2 Kirişler

Kirişler, düşey yüklerin taşınmasında döşemelere mesnetlik yaparak, düşey yükleri kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanlarla temele aktarılmasını sağlayan yapı elemanıdır. Kirişler kolonlarla birlikte taşıyıcı sistemlerde çerçeve oluşturur. Kirişlerde normal kuvvet bulunurken, eğilme momenti normal kuvvete göre daha etkin olmaktadır. Kiriş kesitlerinde eğilme momenti etkisi altında basınç ve çekme gerilmeleri oluşur. [4]



Şekil 1.3 Basit Eğilme Etkisi Altında Betonarme Kesitte Moment-Eğrilik Bağıntısı

Şekil 1.3'de betonarme dikdörtgen kesitin basit eğilme etkisi altındaki eğilme momenti-eğrilik bağıntısı gösterilmiştir. Donatının dengeli donatının altında kaldığı durumda eğilme momenti değeri artmaya başladığında ve küçük değerleri için beton kesitinde çekme ve basınç gerilmeleri ortaya çıkar. Bu durumda donatı elastik davranış gösterir. Bu kısımda eğilme momentinin kesit eğriliğine oranı eğilme rijitliğini verir. Eğilme momenti artmaya devam ederken beton çekme çatlama dayanımına (A durumu, M_{cr}) ulaştığında çekme bölgesindeki beton çatlar ve çekme gerilmeleri çekme donatısı tarafından karşılanır. Betonun çatlaması ilk doğrusal davranışın terk edildiği durumdur. Eğilme momenti artmaya devam ederken, betonun doğrusal olmayan davranışı belirgin hale gelir ve betonda oluşan basınç gerilmelerinin dağılışı doğrusal olmayan şekilde oluşur. Eğilme momenti çekme donatısının akmaya eriştiği durumda (B durumu, M_y) çekme donatısı akmaya başlar ve plastik şekil değiştirmeler oluşmaya başlar. M_y momenti Akma Momenti olarak bilinir. Eğilme momentinin artmaya devam etmesiyle donatıda plastik uzamalar devam ederken, betonda gözlenen doğrusal olmayan davranış da belirginleşmiştir. Eğilme momenti güç tükenmesi değerine ulaştığında (C durumu, M_u) kesit taşıma gücüne erişmiş olur. Donatının uzama

kapasitesi, betonun kısalma kapasitesine göre daha büyük olduğu için beton ezilir ve güç tükenmesi durumuna erişir. [6]

Eğer kesitte çekme donatısı dengeli donatıdan büyük ise donatı akmadan beton kısalma kapasitesine erişir ve güç tükenmesi durumu gözlenir. Böyle bir davranışta gerilme şekil değiştirme bağıntısında yatay kol ortaya çıkmaz ve gevrek güç tükenmesi meydana gelir.

Şekil 1.3'de verilen eğilme rijitliği ve eğilme momenti bağıntısı incelendiğinde A durumunda çatlamamış kesitin eğilme rijitliğinde brüt beton kesiti etkilidir. Eğilme momentinin artması ile çekme bölgesindeki betonda meydana gelecek çatlama sonucunda eğilme rijitliğinde azalma meydana gelir. B ve C durumunda eğilme momenti-eğrilik durumu yataya yakındır. Bu yüzden eğilme rijitliği oldukça küçülür. Çatlama durumundan sonra doğrusal olmayan davranış gözlendiği için çatlamanın ve doğrusal olmayan davranışın göz önüne alınması için TBDY Tablo 4.2'de etkin kesit rijitlikleri öngörülmüştür.

Bir kesitin dayanımında önemli ölçüde bir değişiklik olmadan en büyük eğrilik değerinin akma eğriliğine oranına süneklik ($\mu = \phi_u/\phi_y$) denir. Bir kesitin eğilme momenti-eğrilik bağıntısında yatay kolun uzun olması kesit güç tükenmesinin sünek olmasına işaret eder. Güç tükenmesi durumunda eğrilik $\phi_u=\varepsilon_{cu}/x_u$ olarak hesap edilebilir. Yani tarafsız eksen derinliğinin azalması güç tükenmesi eğriliğini arttırır. Güç tükenmesi eğriliğinin artmasıyla da süneklik artar. Sünekliğe bağlı olan özellikler aşağıda açıklanmıştır.

Süneklik çekme donatısı oranına bağlıdır. Çekme donatısı oranı arttığında taşıma gücü momenti de artar. Çekme donatısının artmasıyla birlikte artan çekme kuvvetinin dengelenmesi gerekir. Dengelenme için kesitte basınç kuvvetinin artması gerekir. Yani tarafsız eksen derinliğinin de büyümesi gerekir. Bunun sonucunda yatay kolun küçüldüğü görülür. Sonuç olarak çekme donatısının artması güç tükenmesi eğriliğini ve eğilme sünekliğini azaltır.

Süneklik basınç donatısı oranına bağlıdır. Basınç donatısı oranı arttığında taşıma gücü momenti de artar. Basınç donatısının artması basınç kuvvetini büyütür. Çekme kuvvetinin dengelenmesi için daha az basınç kuvvetine gerek duyulur. Bu durumda tarafsız eksen derinliği azalır. Bunun sonucunda yatay kolun büyüdüğü görülür. Sonuç olarak basınç donatısının artması güç tükenmesi eğriliğini ve eğilme sünekliğini arttırır.

Süneklik beton kalitesine bağlıdır. Beton dayanımı arttığında taşıma gücü momenti de artar. Beton dayanımın artmasıyla daha küçük basınç bölgesinde aynı beton basınç kuvveti

oluşur. Bu da tarafsız eksen derinliğinin küçülmesine sebep olur. Sonuç olarak beton kalitesinin artması güç tükenmesi eğriliğini ve eğilme sünekliğini arttırır.

Süneklik donatı çeliğinin kalitesine de bağlıdır. Beton kalitesinin tam tersi durum çelik kalitesi için geçerlidir. Çelik akma dayanımı arttığında taşıma gücü momenti de artar. Çelik akma gerilmesinin artmasıyla çekme kuvveti artar. Dengeleme için beton basınç kuvvetinin de artması gerekir. Bu da tarafsız eksen derinliğinin büyümesine sebep olur. Sonuç olarak çelik kalitesinin artması güç tükenmesi eğriliğini ve eğilme sünekliğini azaltır. [5]

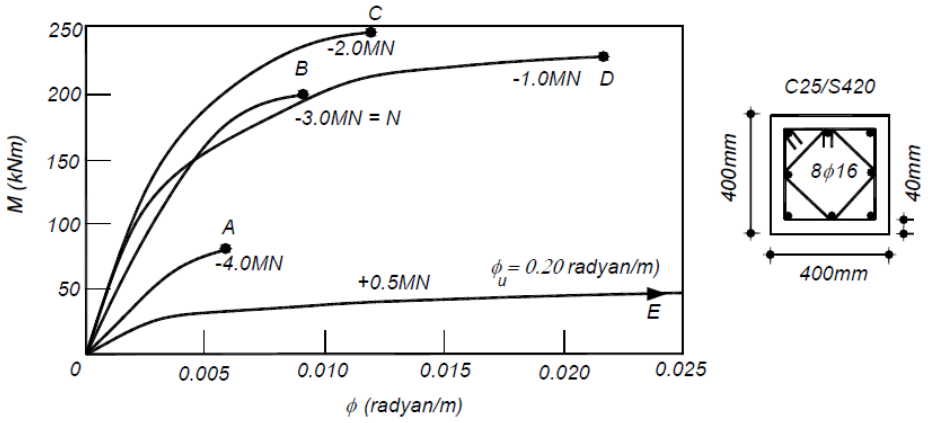
1.1.3 Kolonlar

Kolonlar, kirişlere ve döşemelere mesnetlik yaparak sistemde bulunan düşey ve yatay yükleri temelle dolayısıyla zemine ileten, sistemin ana düşey taşıyıcı elemanlarından biridir. Yatay yüklerin karşılanmasında kirişlerle birlikte çerçeve sistemlerini oluştururlar. Kolonlarda ortaya çıkabilecek hasar taşıyıcı sistemin yatay yük kapasitesinin azalmasına hatta toptan göçmesine sebep olabilir. Bu yüzden kolonların tasarım ve düzenlemelerinde dikkat edilmesi gerekir. [4]

Kolonlarda bulunan normal kuvvet, eğilme momenti etkisine göre daha etkindir. Depremin her iki doğrultuda etki etmesi göz önüne alınarak kolonlarda iki doğrultu simetrik donatıyla tasarlanır. Kolonlarda düşey yüklerden meydana gelen eğilme momenti, deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentine göre daha azdır. Bunun yanında kolonlarda düşey yüklerden meydana gelen normal kuvvet, deprem yüklerinden meydana gelen normal kuvvete göre daha büyüktür. Deprem yüküyle kolonlarda meydana gelen eğilme momenti diyagramı doğrusal davranırken, eğilme momenti değerleri kolon alt ve üst ucunda işaret değiştirir. Kolon üst ve alt ucu eğilme momenti etkisi bakımından daha büyük olduğu için (kolonun ortaya yakın noktalarında bu değer sıfırlanır) deprem hareketinde en çok bu kesitler zorlanır. Kolon betonunda basınç gerilmeleri etkili olduğu için beton basınç dayanımı ve sünekliği arttırmak için kolon enine şekil değiştirmesi sınırlandırılır. Bu yüzden kolon alt ve üst uç bölgelerinde sargı donatısı kullanımı oldukça önemlidir. Kolon uç bölgelerinde sargı donatı aralıklarının azaltılması ve kolon kenarlarında bulunan donatı köşelerine çiroz eklenmesi enine şekil değiştirmenin sınırlanan bölgesini büyütür. Ancak sık donatı düzeninden kaçınılmalıdır. Çünkü kesitte boşluk kalmaması betonun kolay yerleşmesine engel olacaktır. [5]

Kesitlerde normal kuvvet ve eğilme momentinin birlikte etki etmesi durumuna birleşik

eğilme durumu denir. Taşıyıcı sistemlerin kolon kesitlerinde de normal kuvvet ve eğilme momenti birlikte etki eder. Kolonların taşıma gücünün bulunması veya kesit kontrolü yapılmasında karşılıklı etki diyagramı kullanılır. Eğilme momenti ve normal kuvveti bir eksen takımında göstererek bu iki etkinin karşılıklı etkileşimi elde edilmiş olur. Belirli bir normal kuvvet değerine kadar (basit eğilme-dengeli güç tükenmesi) normal kuvvet arttığında basınç bölgesi artacağı için eğilme momenti dayanımı da artar. Dengeli güç tükenmesi durumundan sonra normal kuvvetin artması ile eğilme momenti dayanımı azalır. Normal kuvvet artış gösterirken kolon sünekliliği azalım gösterir. Eğilme momentinin yanında normal kuvvetin bulunmasıyla süneklik azalır. Sünekliği arttırmak için kolon kesiti büyütülebilir ve ortalama gerilme düşürülür. Kolonlarda normal kuvvetin artması sünekliği azaltacağı için kolonlarda normal kuvvet sınırlandırılmıştır. Kolon normal kuvveti belirlenirken iki hususa dikkat edilir. Kolonlar eğilme momenti etkilerinde dolayı belirli bir moment kapasitesine sahip olması beklenir. Normal kuvvet ve eğilme momenti etkileşim içinde olduğu için ilk olarak normal kuvvetin, kolon moment kapasitesini yeterli hale getirecek değerde büyük olmalıdır. İkinci olarak da kesit sünekliğini artıracak şekilde az olmalıdır. [4]



Şekil 1.4 Normal Kuvvet Etkisindeki Kolon Kesitinin Moment Eğrilik Bağıntısı

Tasarım depreminden daha büyük bir deprem etkisi durumunda güç tükenmesi durumunun sünek olması gerekmektedir. Bu yüzden kolon ve kiriş eğilme kapasitesinin, kesme kapasitesinden daha küçük olması gerekir. Kesitlerde eğilme tasarımı yapılırken elde edilen donatı alanlarının tam karşılığı olmadığı için daha fazla donatı alanı seçimi yapılır. Bunun sonucunda elde edilen eğilme kapasitesi, tasarım eğilme momenti değerinde daha büyük olur. Kesme kuvveti donatısı hesaplanırken tasarım kesme kuvveti değeri kullanılmaz. Onun yerine uç kesitlere konulan donatının eğilme momenti kapasiteleri ve açıklıkta bulunan yükler göz önüne alınarak kesme kuvveti esas alınır. Böyle yapılarak eğilme momenti

kapasitesi kesme kuvveti kapasitesinden daha az olmuş olur ve gevrek güç tükenmesi durumu önlenmiş olur. [5]

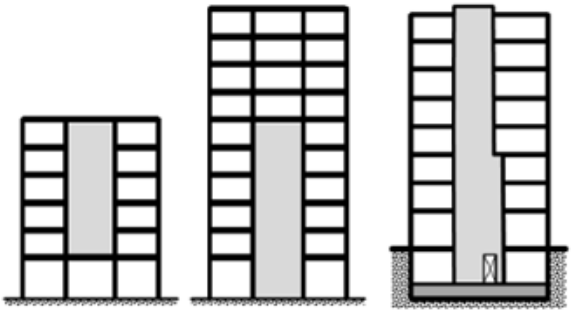
1.1.4 Perdeler

Betonarme perdeler, güçlü deprem yer sarsıntısı sırasında bir binanın birden fazla yer değiştirme periyodu boyunca sallanmasıyla oluşan kesme, moment ve eksenel kuvvete karşı binalarda deprem etkilerini karşılamak için gereken mukavemet ve dayanıklılıkla tasarlanması amaçlanır. Yatay yüklerin karşılanmasında perdeler önemli bir etkiye sahiptir. Perdeler, çerçeve sistemlerle birlikte kullanıldığı gibi, düşey taşıyıcı elemanı sadece perde olan sistemler de bulunur. Plandaki yer ve geometrik boyutları genellikle mimari fonksiyonlarla belirlenir. Merdiven boşluğu ve asansör göbekleri, eksenel ve yanal mukavemet sağlarken düşey şaftları çevrelemek için ikili bir amaca hizmet eden perdeler için uygun yerlerdir. Yapısal perdelerin genellikle bir binaya yerleştirilmesi bina performansını güçlü bir şekilde arttırır. Çerçeve sistemle beraber bulunduğu durumda perdenin rijitliği çerçeve sisteme göre daha fazla olduğu için, yatay yüklerin (deprem, rüzgar vb.) tamamına yakınını perdeler karşılar. Perdeler, binanın hizmet ömrü boyunca binadaki yükler göz önünde bulundurularak orantılı yerleştirilmelidir. Mühendis ve mimar, projenin yapısal, mimari ve programatik gereksinimlerini karşılamak için perdelerin yerleştirilmesinde birlikte çalışmalıdır. Perdeler, her bir yöndeki kat kırılmalarına karşı mukavemet sağlayan çok sayıda perde ile bina planı içinde iyi bir şekilde dağıtılmalıdır. Tercihen uzun diyafram açıklıkları önlenir. Ayrıca perdeler, rijitlik merkezleri kütle merkezine yakın olacak şekilde konumlandırılmalıdır. Çünkü yatay eksenler doğrultusunda gerçekleşen yer hareketlerinin kat plağında burulma oluşturması istenmez. Çok katlı bir sistemin her katında kütle ve rijitlik merkezi farklı olabilir. Katta bulunun sabit ve hareketli yükler kütle merkezini belirler. Ancak hareketli yükün değişken olması sebebiyle kütle merkezi kesin olarak bilinemez. Burulma düzensizliğinden kaçınmak için rijitlik merkezi ile kütle merkezi çakışmalıdır. Perdelerin simetrik olarak yerleştirildiği yerlerde bu amaca ulaşılır. Perdelerin asimetrik olarak düzenlendiği yerlerde ek tasarım çabası gerekir.

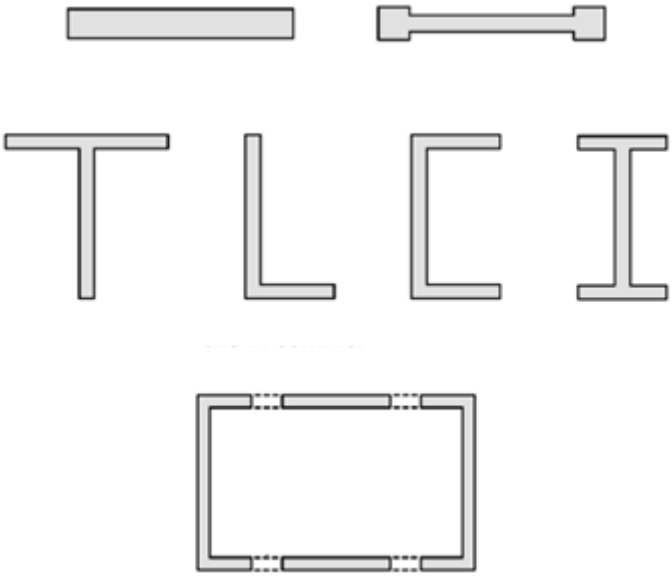
İşlev ve maliyet hususları bazen perde açıklıklarına ve diğer düşey eleman süreksizliklerine yol açabilir. Perdedeki düşey süreksizlikler yapı davranışını önemli olarak olumsuz etkiler. Bu durumda mesnetlenen kirişlerde önemli yer değiştirmeler ve ikinci mertebe etkiler meydana gelir. Perde süreksizliğinde doğrusal olmayan davranışta kolonların alt uçları mafsallaşarak kat göçmesine sebebiyet verebilir. Şekil 1.5'teki gibi bu tür

düzensizliklerden kaçınılmalıdır, diğer durumda ek analiz ve tasarım aşaması gerektirecektir. Yapısal perdelerle desteklenen bir binada, bina titreşiminin oluşturduğu atalet kuvvetleri döşemeler aracılığıyla perdelere iletilir ve bu da kuvvetleri temele iletir. Döşemeler ve yapısal perdeler arasındaki iyi bağlantılar, sismik kuvvet yolu için çok önemlidir.

Yapı perdeleri çeşitli şekillerde Şekil 1.6'daki gibi yapılandırılabilir. Dikdörtgen kesitlerin tasarlanması ve inşası nispeten kolaydır; çok ince bölümler performans sorunlarına sahip olabilir ve bundan kaçınılmalıdır. Perdeler moment kapasitesinde boyuna donatıya sahip olan perde başlıkları perde stabilitesini artırdığı gibi komşu kirişlere perdeyi bağlamak için kullanılır. Bununla birlikte, perde başlık bölgeleri mimari bir engel oluşturabilir ve şekillendirme maliyetlerini attırabilir. Kesişen duvar bölümleri, T, L, C ve I biçimleri dahil olmak üzere kollu flanşlı perdeler oluşturmak için birleştirilebilir. Çekirdek perdeler, perde bileşenlerini, bağlantı kirişleri ile asansörleri, merdivenleri ve diğer düşey alanları çevreler.

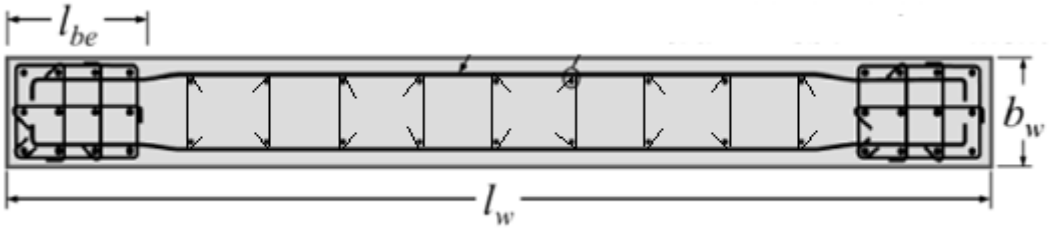


Şekil 1.5 Perdelerde Düşey Süreksizlikler



Şekil 1.6 Çeşitli Perde Kesitleri

Dikdörtgen kesitli yapısal perde için tipik donatı düzeni Şekil 1.7'de gösterilmiştir. Asgari olarak, perdede her iki doğrultuda dağıtılmış donatı düzenine sahip olmalıdır. Çoğu durumda, perdelerde momente karşı ek mukavemet sağlamak için perde uç bölgelerinde yoğunlaştırılmış düşey donatı kullanılır. Tipik olarak, boyuna donatı, betonu sınırlandırmak ve boylamasına donatı burkulmasını engellemek için enine donatı içine alınır. Bir uç elemanı, kolon gibi boylamasına ve enine donatı ile güçlendirilmiş bir yapısal perde kenarıdır. Uç bölgede basınç gerilme kapasitesini arttırmak ve boylamasına çubuk burkulmasını engellemek için düşey donatıyı çevreleyen yakın aralıklı etriyeler bulunur. [15]



Şekil 1.7 Dikdörtgen Perde İçin Tipik Donatı Düzeni

Taşıyıcı sistemlerin yüksekliklerinin artmasıyla perde kullanımı önemli etkiye sahip olur. Çünkü kat yer değiştirmelerinin sınırlandırılmasında perdeler oldukça etkilidir. Perdeler yapısal sistemlerin yatay yük kapasitesinin arttırdığı ve yer değiştirmeleri sınırlandırdığı için, deprem bölgelerinde ve yüksek yapılarda oldukça yaygın kullanılır. Büyük deprem etkilerinde perdeler plastik şekil değiştirmeler yaparak depremin dinamik etkisine büyük ölçüde karşı koyar. Perdeler özenli şekilde tasarlandığında, taşıyıcı sistemde toptan göçmeyi engeller ve yapısal olmayan hasarları da sınırlandırır.

Deprem bölgelerinde ve yüksek yapılarda yaygın kullanılan perdelerin dışında yapıların bodrum katlarında da perdeler kullanılır. Bu perdeler zemin itkisini karşılarlar ve bodrum katın dış çevresini oluşturur. Düşey düzlemde bulunan bodrum perdeleri, dış yükler altında düzlem içi ve düzlem dışı zorlanırlar. Bu bakımdan normal kat döşemeleri ile benzerlik gösterir ve tasarımı benzer kurallarla yapılabilir.

Yatay yüklerin etkisinde tek başına bulunan perdeler konsol davranış sergilerler. Perdelerin ince kesitlerinin yanal burkulması, perdelerin kat seviyelerinde döşemelere bağlanmasından dolayı önemli derecede önlenmiştir. Çünkü döşemeler perdeye yanal rijitlik oluşturur. Perdelerde düşey yüklerden normal kuvvet, deprem kuvvetlerinden ise eğilme momenti ve kesme kuvveti etkileri oluşur. Perdelerin en çok zorlandığı kesiti tabandadır.

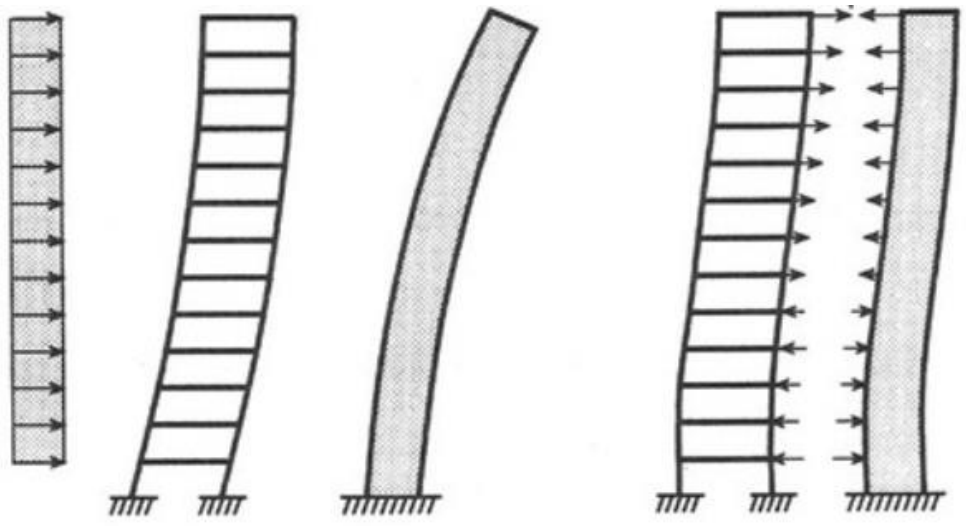
Bodrum perdesinin bulunduğu sistemlerde en çok zorlanan kesit ise bodrum kat tavanında oluşur. Perdelerde normal kuvvet ve eğilme momenti etkileşimi göz önüne alındığı için karşılıklı etki diyagramı kullanılarak tasarımı yapılır. Perdelerin taşıyıcı sistemle bütünleşmesi ve yatay taşıyıcı elemanlardan düşey kuvvetlerin iletimi için gerekli bağlar oluşturulur.

Perdelerin kritik bölgeleri, deprem etkisi altında en büyük kesit tesirlerinin oluştuğu bölgelerdir. Yani perdelerin taban ile birleştiği bölge (temele bağlandığı kısım) kritik bölgedir. Bu bölgelerde oluşan eğilme momenti ve kesme kuvveti en büyüktür. Kritik bölge olduğundan bu bölgelerin iyi tasarlanması gerekir. Perdelerin beklenen davranışı kısmen duvar en boy oranına bağlıdır. $H_w/l_w>2$ olan uzun perdeler daha çok eğilme konsolları gibi davranma eğilimindedir. Deprem etkisinde perdelerin bir ucunda çekme kuvveti oluşurken diğer ucunda da basınç kuvveti oluşur. Kuvvet yön değiştirdiğinde basınç ve çekme uçları yer değiştirir. Bu yüzden perde uç bölgeleri hem çekme hem basınç olacak şekilde kolon gibi donatılır. Uzun perdeler için tasarım, perde tabanında sünek eğilme akması sağlamayı amaçlamalıdır. Uzun perdeler için, perde yüksekliği boyunca bağlantı kirişlerinin sünek akmasını ve perdelerin tabanında sünek eğilme akmasını içermelidir. Böylelikle perde uç donatılarıyla güç tükenmesi moment değeri ve eğrilik arttırılır. Perdelerin uç bölgelerinde sargı donatısı kullanılarak süneklik arttırabilir. Ayrıca bu sayede düşey donatının burkulması sargı donatısı sayesinde engellenir. Uzun yapısal perdedeki kesme kırılması hızlı mukavemet kaybına neden olabilir ve perdenin eksenel mukavemetini tehlikeye atabilir. Bu yüzden gevrek kırılma olan kesme kırılmasından kaçınılmalıdır. $H_w/l_w\leq2$ olan kısa perdelerde çok büyük kesit etkileri oluşmaz, yüksek doğal eğilme mukavemetine sahip olma eğilimindedirler. Bu yüzden uç bölgeleri oluşturmaya gerek yoktur. Yani tasarımı uzun perdeler gibi yapılmaz. Böyle perdelerde eğilme momenti küçük olduğundan düşey eğilme donatısı kesit boyunca düzgün dağıtılır. Bodrum perdelerinin kesme kuvveti ve eğilme momenti dayanımı yüksek olduğundan davranışları elastiktir. Genel olarak düşey ve yatay donatının ayrı ayrı olarak 0,0025 donatı oranında belirlenmesi yeterli olabilir.

Perdelerde sünek güç tükenmesi ortaya çıkması için normal kuvvet sınırlandırılmıştır. Perdelerde düşey yüklerden ortaya çıkan normal kuvvet değeri dengeli durumdaki normal kuvvet değerinden küçük olduğu için burada eğilme momenti etkili olur. Genellikle çekme donatısı akmaya erişir ve sünek güç tükenmesi gözlenir. Perdedeki normal kuvvet değeri dengeli durumdaki normal kuvvet değerinden büyük ise tam tersi durum oluşur. Çekme donatısı akmaya erişemez ve gevrek güç tükenmesi ortaya çıkar.

Eğilme momentinin büyük olduğu perdelerde uç bölgesi oluşturmak hem eğilme momentini hem de sünekliği arttırır. Perde kesitlerinde gövde donatısının arttırılması taşınacak eğilme momentinin arttırmasına rağmen sünekliği azaltır.

Perdeler ve çerçeve sistemler yük taşırken birbirleriyle farklı davranış sergilerler. Şekil 1.4'te görüldüğü gibi aynı yükü taşıyan konsol perde ve çerçeve bir sistem incelendiğinde iki davranışı farklı olduğu görülür. Konsol perdede şekil değiştirmede eğilme momenti etkili olur. Yatay yer değiştirme eğim sıfırdan başlayarak üst katlara doğru her katta bir dönme ile artış gösterir. Çerçevenin yapacağı yatay yer değiştirmede eğilme momenti ile bağlantılı olan kat kesme kuvvetleri doğrudan etkili olur. Üst katlarda kat kesme kuvvetleri küçük olduğu için öteleme rijitliği de küçüktür. Alt katlarda durum tam tersidir. Alt katlarda kat kesme kuvveti büyür fakat yatay öteleme rijitliği ise aynı oranda artmaz. Alt katlarda oluşan kat kesme kuvvetinin yatay öteleme rijitliğine oranı, üst katlara göre daha büyüktür. Bu yüzden alt katlarda oluşan göreli yatay yer değiştirme üst kata göre büyüktür. Çerçevede yatay yer değiştirme eğrisinin eğimi üst katlara doğru düşey doğrultuya gelir. Yer değiştirmeler bu iki şekilde farklılık gösterirken perde ve çerçeve birlikteyken perdenin üst katlardaki yer değiştirmesi çerçeve tarafından sınırlandırılır ve alt katta çerçevenin yatay ötelenmesi perde tarafından sınırlandırılır. Alt katlarda yatay yükün taşınması için birbirlerine yardım ederlerken üst katta perdedeki yük işaret değiştirebilir. [5]



Şekil 1.8 Çerçeve ve Perde Etkileşimi

1.2 İLGİLİ YÖNETMELİKLER TS500-TBDY

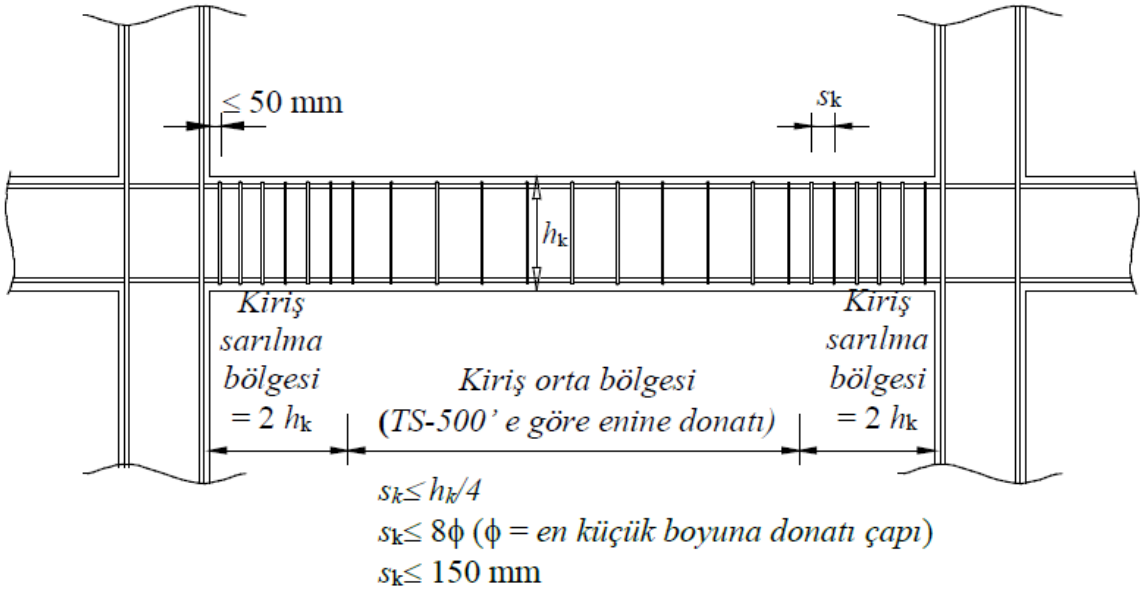
Betonarme taşıyıcı sistemlerin düşey yükler ve deprem yükleri altında tasarımında gerekli olan TS500 ve TBDY kuralları bu bölümde anlatılmıştır. Süneklik düzeyi yüksek sistemlerdeki taşıyıcı elemanlar göz önüne alınmıştır.

1.2.1 Kirişler

Süneklik düzeyi yüksek kirişler TBDY Bölüm 7.4'te konu edinmiştir. TBDY kurallarına ek olarak TS500 kuralları da aşağıda anlatılmıştır.

Kirişlerin tasarım eksenel kuvveti $N_d \leq 0{,}10 A_c f_{ck}$ denklemini sağlamalıdır.

Şekil 1.5'de kirişlerde donatı düzeni ile ilgili kurallar verilmiştir. Süneklik düzeyi yüksek kirişlerde bu kurallara uyulması gerekir. Şekil 1.5'deki kurallar detaylı olarak aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 1.9 Kirişlerle İlgili Kurallar (TBDY Şekil 7.8)

Kirişlerin gövde genişliği, b_w en az 200 mm (TS500); 250 mm (TBDY) olmalıdır. Maksimum değeri için her iki yönetmelikte de kolon genişliği+h olarak verilmiştir. Kiriş kesiti yüksekliği, h ise iki yönetmelikte de minimum değeri 300 mm; $3h_f$ iken TBDY'de maksimum değeri $l_n/4$; $3{,}5b_w$'dir. Kiriş kolon birleşim bölgeleri taşıyıcı sistemlerin en önemli bölgeleri olduğu için kirişlerde sarılma bölgelerinde sargı donatısı kullanımı önemlidir. Böylelikle beton dayanımı ve süneklilik arttırılmış olur. Kirişlerde sarılma bölgesi uzunluğu l_c TBDY'de $2h_k$ olarak verilmiştir. Burada sargı donatıları arasındaki mesafe s_k değeri $h_k/4$; $8\Phi_l$;

150 mm değerlerinden küçük olanıdır. Kiriş orta bölgesindeki sargı donatısı mesafesi s maksimum değeri TS500'de d/2; 300 mm olarak verilmiştir.

TBDY'ye göre kirişlerde kullanılacak olan boyuna donatı çapı 12 mm'den küçük, enine donatı çapı 8 mm küçük olmayacaktır. Kirişlerde mesnet donatıları oranı minimum f_{ctd}/f_{yd} (TBDY) maksimum $0,85\rho_b$'dir. Açıklıkta kullanılan donatı oranı minimum $0,8f_{ctd}/f_{yd}$ (TS500, TBDY) maksimum değeri 0.02 (TS500, TBDY)'dir. [9], [10]

1.2.2 Kolonlar

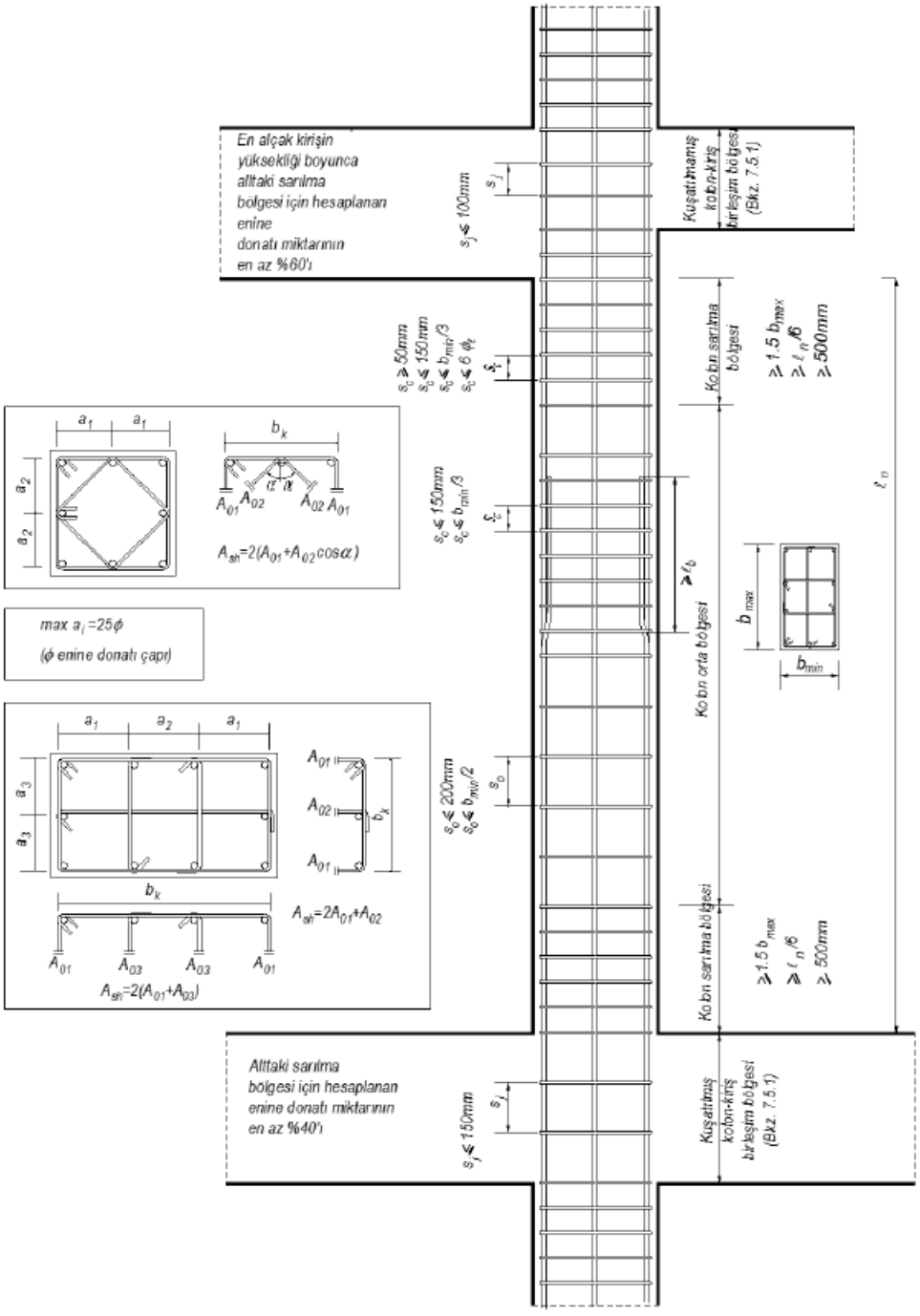
Süneklik düzeyi yüksek kolonlar TBDY Bölüm 7.3'de konu edinmiştir. TBDY kurallarına ek olarak TS500 kuralları da aşağıda anlatılmıştır.

Kolonların tasarım eksenel kuvveti $N_d \geq 0,10A_cf_{ck}$ denklemini sağlamalıdır. Kolonların taşıyabileceği maksimum normal kuvvet TBDY'de $0,4A_cf_{ck}$ iken TS500'de $0,6A_cf_{ck}$'dır. Kolonun minimum kenar uzunluğu TS500'de 250 mm TBDY'de 300 mm (dairesel kolon çapı 350 mm) olmalıdır. TBDY'de kolonlar, planda verilen kesitin uzun kenarının kalınlığa oranı maksimum altı olan taşıyıcı elemanlardır.

Şekil 1.6'da kolonlarda donatı düzeni ile ilgili kurallar verilmiştir. Süneklik düzeyi yüksek kolonlarda bu kurallara uyulması gerekir. Şekil 1.6'daki kurallar detaylı olarak aşağıda açıklanmıştır.

Deprem yönetmeliğinde kolonda iki düşey donatı arasındaki mesafenin maksimum değeri $a=25\Phi_h$ olarak tanımlanmıştır. Burada Φ_h enine donatı çapıdır. TS500'e bakıldığında maksimum a değeri 300 mm'dir. Kolon orta bölgesinde bindirmenin yapılmadığı kısımda iki etriye arasındaki mesafe s_0'ın maksimum değeri TS500'de 200mm;$12\Phi_l$ iken TBDY'de bu değer 200 mm; b/2; h/2'dir. Minimum değeri deprem yönetmeliğinde 50 mm olarak verilmiştir. Kolon donatılarının bindirmeleri daha az zorlanan kolon orta bölgesinde yapılır ve kenetlenme boyu l_b sağlanmalıdır. Kolon orta bölgesinde boyuna donatıların bindirmeleri, kolon serbest yüksekliğinin orta üçte birlik kısmında yapılır. Bindirme bölgesinde iki etriye arasındaki mesafenin maksimum değeri TBDY'de 150mm; b/3; h/3 olarak verilmiştir. Kolon sarılma bölgesinin uzunluğu $1,5b_{max}$; $l_n/6$; 500mm değerlerinden büyük olmalıdır. Bu bölgedeki etriyeler arasındaki mesafe s_c'nin minimum değeri 50 mm iken maksimum değerleri 150mm; $b_{min}/3$; $6\Phi_l$'dir. Kolon kiriş birleşim bölgelerinde kuşatılmış birleşim bölgesinde $s_j \leq 150$ mm iken kuşatılmamış birleşimlerde bu değer $s_j \leq 100$ mm'dir.

Kolonlara kullanılan enine donatının çapı TS500'de minimum $\Phi_l/3$ iken TBDY'de 8 mm olarak verilmiştir. Kolonlar için her iki yönetmelikte maksimum donatı oranı 0,04 minimum donatı oranı 0,01'dir. Deprem yönetmeliğinde bindirme bölgesi için maksimum donatı oranı 0,06'dır. İki yönetmelikte de boyuna donatı çapı 14'den daha ince kullanılamaz. Ayrıca deprem yönetmeliğinde dairesel kolonlarda minimum donatı adedi altıdır. [9], [10]



Şekil 1.10 Kolon Donatı Düzeni (TBDY Şekil 7.3)

1.2.3 Perdeler

TBDY'de perdeler, planda verilen kesitin uzun kenarının kalınlığa oranı en az altı olan taşıyıcı elemanlardır. Perde kesiti alanı $A_c \geq N_{dm}/(0,35f_{ck})$ denklemini sağlamak zorundadır. Bu denklem ile normal kuvvet sınırlandırılarak perdelerde belirli süneklik sağlanır. Dikdörtgen, U, L, T gibi perdelerin kalınlığı $b_w \geq h_{kat}/16$ ve $b_w \geq 250$ mm şartını, dikdörtgen perde veya perde kolu kalınlığı perdenin veya perde kolunun plandaki yanal doğrultuda tutulmamış boyunun 1/30 değerinden küçük olmama şartını, perde kolu her iki ucundan yanal doğrultuda bir perdeyle tutuluysa perde kolu kalınlığı $h_{kat}/20$ ve 250 mm'den küçük olmaması şartları sağlanmalıdır. Taşıyıcı sistemi perdelerden oluşan binalarda $\Sigma A_g / \Sigma A_p \geq 0,002$ ve $V_t / \Sigma A_g \leq 0,5f_{ctd}$ denklemlerinin sağlanması durumunda perde kalınlığı $b_w \geq h_{kat}/20$ ve $b_w \geq 200$ mm şartını sağlar.

Perdeler konsol davranış gösterdiği için en çok zorlanan kritik kesiti temel seviyesindedir. Bu yüzden temelden itibaren perde yüksekliğinin belirli bir kısmı perde kritik yüksekliği olarak tanımlanmıştır. Bodrum perdesi bulunan sistemlerde yükseklikler zemin kat döşemesinden itibaren ölçülür. Kritik perde yüksekliği boyunca perdenin kalınlığı büyütülür ve uç bölgesi donatısı arttırılır. Kritik perde yüksekliği boyunca kesit ve donatı şartları daha kapsamlıdır. Donatı düzenleri şekilde gösterilmiştir.

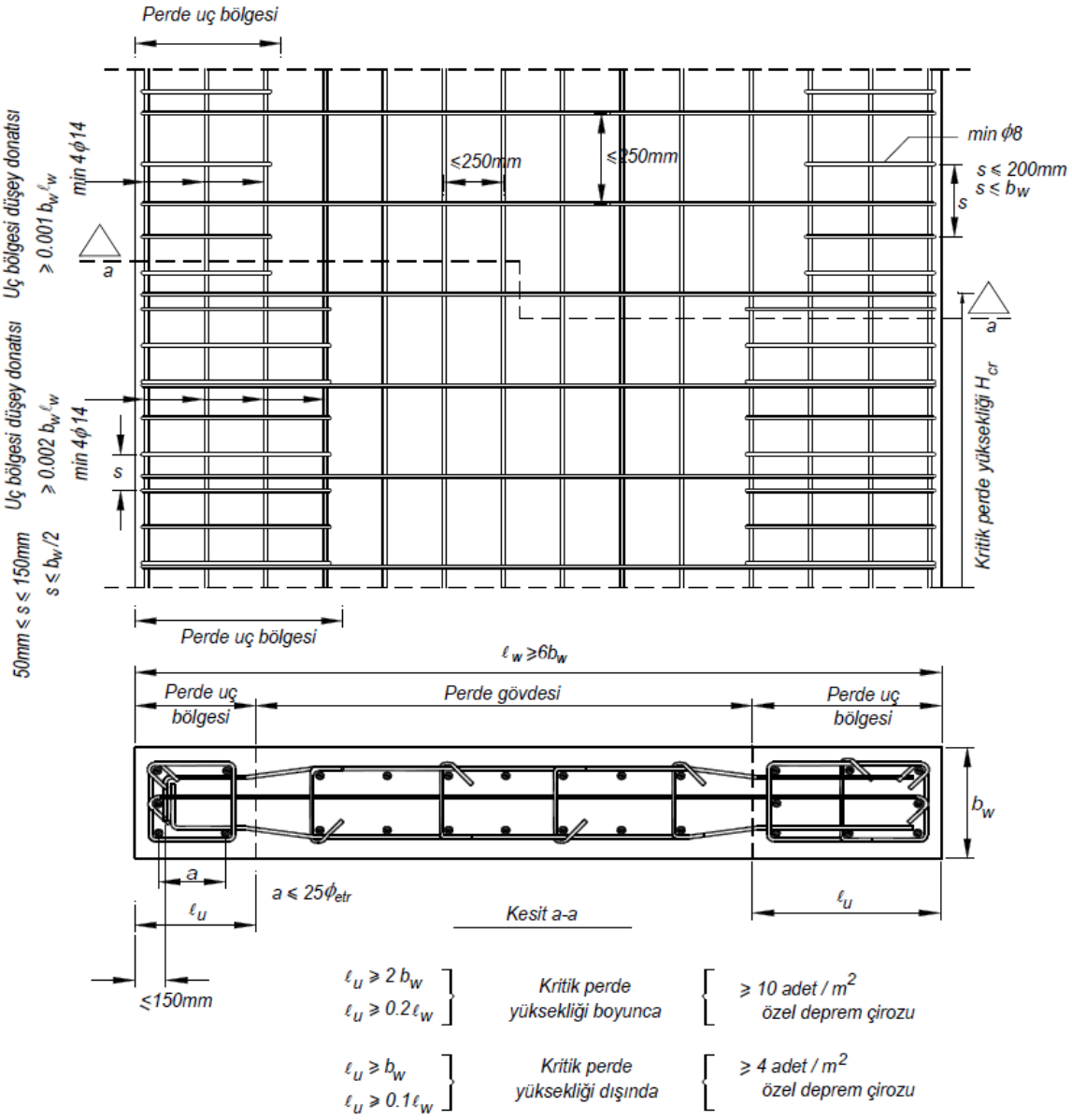
$H_w/l_w > 2$ olan perdelerde uç bölgeleri oluşturulur. Kritik perde yüksekliği $2l_w \geq H_{cr} \geq \max(l_w; H_w/6)$ denklemiyle belirlenir. Kritik perde yüksekliği boyunca etkili olan perdelerin uç bölge mesafesi $L_{uç,min} = \max(0,2l_w; 2b_w)$ ve kritik perde yüksekliği dışında $L_{uç,min} = \max(0,1l_w; b_w)$ denklemiyle belirlenir. $H_w/l_w \leq 2$ olan bodur perdelerde uç bölgesi yapılmayabilir.

Perdenin gövde kısmının her iki yüzüne koyulacak olan boyuna ve enine donatıların her birinin oranı 0,0025'ten az olmamalıdır. Gövdede kullanılacak olan çirozların çapı yatay donatının çapından küçük olmamalıdır. İlgili kural ve aralıklar şekilde gösterilmiştir.

$H_w/l_w > 2$ olan perdelerde kesme donatısı hesabı için esas alınacak kesme kuvveti $V_e = \beta_v(M_p/M_d)V_d$ ile hesaplanır. $\beta_v = 1,5$ dinamik büyütme katsayısını, M_p perdenin güç tükenmesi momenti ve M_d perde taban kesitindeki moment değeridir. $H_w/l_w \leq 2$ olan perdelerin tasarım kesme kuvveti düşey ve deprem yükü ortak etkisinde oluşan kesme kuvveti değeri alınır.

Perde kesitlerinin kesme dayanımı $V_r = A_{ch}(0,65f_{ctd} + \rho_{sh}f_{ywd})$ olarak hesaplanır.

Perdelerde sünek olmayan güç tükenmesini engellemek için tasarım kesme kuvveti $V_e \leq V_r$ ve $V_e \leq 0{,}85(f_{ck})^{0,5}A_{ch}$ (boşluksuz perdeler için); $V_e \leq 0{,}65(f_{ck})^{0,5}A_{ch}$ (bağ kirişli perdeler için) denklemlerini sağlamalıdır. [10]



Şekil 1.11 Perde Donatı Düzeni (TBDY Şekil 7.11)

1.3 TBDY'DE KOLON/PERDE AYRIMI

Bu bölümde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 Bölüm 7.3 Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar ve Bölüm 7.6 Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler'in ayrımı ve bunlar için verilen sınırlandırmalar aşağıda detaylı şekilde anlatılmaktadır.

Süneklik düzeyi yüksek kolonlarda enkesit alanı, $A_c \geq N_{dm}/(0{,}40f_{ck})$ denklemi ile sınırlandırılmıştır. Burada A_c kolonun alanını, N_{dm} düşey ve deprem yükleri altında kolonda

oluşan eksenel basınç kuvvetinin en büyüğünü gösterir. [10]

Süneklik düzeyi yüksek perdelerde ise enkesit alanı, $A_c \geq N_{dm}/(0{,}35f_{ck})$ denklemi ile sınırlandırılmıştır. Burada A_c perdenin alanını, N_{dm} düşey ve deprem yükleri altında perdede oluşan eksenel basınç kuvvetinin en büyüğünü gösterir. [10]

Kolon ve perdelerde süneklik, kesitin aldığı normal kuvvet ile ilgilidir. Kesitlerde normal kuvvetin fazlalığı sünekliği azaltacağından dolayı normal kuvvetler bu şekilde sınırlandırılmıştır. [5]

Deprem yönetmeliğinde kolon ve perde eleman davranışı şu şekilde ayrılır. Planda verilen kesitin uzun kenarının kalınlığa oranı altıdan küçükse kolon, altıya eşit ve altıdan büyükse perde olarak kabul edilir. [10]

Perdelerin, kolonlara göre eğilme rijitlikleri büyüktür. Bu yüzden yatay yüklerin büyük kısmını karşılar ve kesitlerinde eğilme momenti önemli derecede oluşur. Kolon ve perdelerin civarda bulunan açıklıkların farklı olmaması sebebiyle normal kuvvet değerleri birbirine yakın oluşur. Sonuç olarak deprem etkisi altında kolonlarda normal kuvvet ve eğilme momenti etkili olurken, perdelerde ise esas eğilme momenti etkilidir.

Kolonlarda kesme kuvveti değeri sabit kalarak değişim gösterdiği için kolonun üst ve alt ucunda eğilme momenti işaret değiştirir. Perdelerde ise kesme kuvveti ve eğilme momenti konsol kolonun davranışına benzer. Eğilme momenti ve kesme kuvveti işaret değiştirmeden aşağı inildikçe artar. Yani kolonlarda eğilme momenti işaret değiştirirken perdelerde ise eğilme momenti işaret değiştirmez. Bu yüzden eğilme etkisi altındaki perdelerde kuvvet çiftleri (moment) uç bölgelerini zorlar. Perdelerin en çok zorlanan yerleri uç bölgeleri olduğu için perdelerde uç bölgesi oluşturulması gerekir. Bu bölgeler boyuna ve enine donatı bakımından kolon gibi oluşturulur. [5]

1.4 TBDY'DE PERDENİN EŞDEĞER ÇUBUK VE SONLU KABUK ELEMAN OLARAK MODELLENMESİ SINIRLARI

Bu bölümde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de verilen perdelerin eşdeğer çubuk eleman ve sonlu kabuk eleman olarak modellenmesi kuralları verilmiştir.

TBDY 2018 Bölüm 4.5.3.6'ya göre betonarme perdeler eşdeğer çubuk eleman veya sonlu kabuk eleman olarak modellenebilir. Bu modelleme yöntemlerinin seçilebilmesi için TBDY 4.5.3.7 ve 4.5.3.8'deki kurallara uyulması gerekir. Bu kurallar aşağıda detaylı

anlatılmıştır.

En kesit şekli I, L, C, U, T veya dikdörtgen olan betonarme perdelerin plandaki en büyük uzunluğunun toplam perde yüksekliğine oranı 1/2'yi geçmediği durumlarda eşdeğer çubuk eleman modeli kullanılabilir. Buna bağlı olarak:

a) Kat seviyelerindeki perdelerin kiriş veya döşeme ile birleştiği düğüm noktalarında bağımlı serbestlik derecesi, kesitin ağırlık merkezindeki ana düğüm noktasına 6 bağımsız serbestlik derecesine bağlanacaktır.

b) Eşdeğer çubuk perdelerin etkin kesit rijitlikleri TBDY 4.5.8'e göre eğilme ve kesme davranışa göre seçilecektir.

c) Kesit ağırlık merkezinde eşdeğer çubuk kesit tesirleri betonarme kesit hesabında kullanılmak üzere direkt elde edilir. Perdelerde oluşan taban devrilme momenti M_{DEV}, perdelerin tabanındaki eğilme momenti olarak elde edilecektir.

En kesit şekli I, L, C, U, T veya dikdörtgen olan betonarme perdelerin düzlem içi ve düzlem dışı yer değiştirmelerine bağlı serbestlik derecelerini dahil eden kabuk sonlu eleman modeli kullanılabilir. Buna bağlı olarak:

a) Kabuk sonlu eleman olarak modellenen betonarme perdelerin birleştiği düğüm noktalarında 6 serbestlik derecesinin tamamı dikkate alınacaktır.

b) Kabuk sonlu eleman olarak modellenen perdelerde sonlu eleman boyutları, iç kuvvet etkilerinin yeterli doğrulukta hesaplanmasını sağlayacak şekilde seçilmelidir.

c) Kabuk sonlu eleman olarak modellenen perdelerin etkin kesit rijitlikleri TBDY 4.5.8'e göre düzlem içi ve düzlem dışı davranışa göre seçilecektir.

d) Betonarme kesit hesabında kullanılmak üzere enkesit ağırlık merkezinde eşdeğer çubuk kesit tesirleri, kabuk sonlu eleman düğüm noktalarının bileşkesi olarak elde edilecektir. Perdelerde oluşan taban devrilme momenti M_{DEV}, perdelerin tabanında bu şekilde oluşan eğilme momenti olarak elde edilecektir. [10]

1.5 YAPILACAK SAYISAL İNCELEME

Bu çalışmada, perdelerin modellenmesinin eşdeğer kolon ve sonlu kabuk eleman modeli ile doğrusal ve doğrusal olmayan analizler üzerindeki etkisi, çerçeveli ve perdeli

sisteme sahip 8, 12 ve 16 katlı binalar kabul edilerek oluşturulan taşıyıcı sistemler üzerinde sayısal olarak incelenmiş, sayısal sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Toplam altı sistemin bina kullanım amacı konut olarak seçilmiş ve TBDY 2018 ilgili bölüm kurallarına uyularak sistemlerin tasarımı, doğrusal ve doğrusal olmayan analizi gerçekleştirilmiştir.

İkinci bölümde seçilen altı sistemin yapısal geometrisi ve yapısal sistem özellikleri, seçilen yapısal elemanlar, düşey ve deprem yükleri, yük birleştirmeleri gibi parametreler ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde doğrusal analiz için sistemlerin modellenmesiyle ilgili yapılan kabuller açıklanmış, perdelerin eşdeğer kolon ve sonlu kabuk eleman olarak modellenmesinde ortaya çıkan durumlar konu edilmiştir.

Dördüncü bölümde toplam altı sistemin düşey yükler ve deprem yükleri etkisi altında boyutlandırılması, uyulan kurallar ve dayanıma göre tasarımı anlatılmıştır. Sayısal analizlerin parametrelerini korumak için kesit boyutları ve donatılarının değerleri olabildiğince benzer seçilmiş ve tipleştirme yapılmıştır.

Beşinci bölümde sistemlerin serbest titreşim periyot ve frekans değerleri incelenmiş, ilk üç titreşim modunun kat adedi ve modele bağlı değişimi grafiklerle verilmiş ve karşılaştırılması yapılmış ve döşeme titreşimlerini ortadan kaldırmak için yapılan kütle tanımı verilmiştir.

Altıncı bölümde doğrusal analiz için modellemesi yapılan altı sistemin doğrusal analiz yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi açıklanmıştır. Her sistem için hesap adımları ayrıntılı verilmiş, bütün sistemler için bu yöntemin karşılaştırılması yapılmış ve Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden elde edilen taban kesme kuvvetinin perde ve kolonlarda oluşturduğu kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin yükseklik boyunca değişimi grafiklerle verilmiştir.

Yedinci bölümde doğrusal analiz yöntemlerinden bir diğeri olan Mod Birleştirme Yöntemi Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'ndeki gibi açıklanmıştır. Ek olarak sistemlerin kütle katılım oranları ve doğrusal iki yöntemin karşılaştırılması verilmiştir.

Sekizinci bölümde doğrusal olmayan analizi için oluşturulan taşıyıcı sistem modeli, uyulan kurallar ve yapılan kabuller anlatılmıştır. Doğrusal olmayan davranış için eşdeğer

kolon ve sonlu kabuk eleman olarak modellenmesinde yapılan kabuller ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Dokuzuncu bölümde doğrusal olmayan analiz yöntemi olan Statik İtme Yöntemi toplam altı sisteme uygulanmıştır. Öncelikle her kesit için plastik mafsal dönme sınırları hesabı ayrıntılı gösterilmiş ve bulunmuştur. Daha sonra Tek Modlu Statik İtme Analizi yapılarak her sistemin performans noktası elde edilmiştir. Elde edilen performans noktalarına göre analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Kesitlerdeki performans bölgeleri ve hasar bölgeleri tespit edilmiştir. Son olarak da doğrusal analiz ve doğrusal olmayan analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

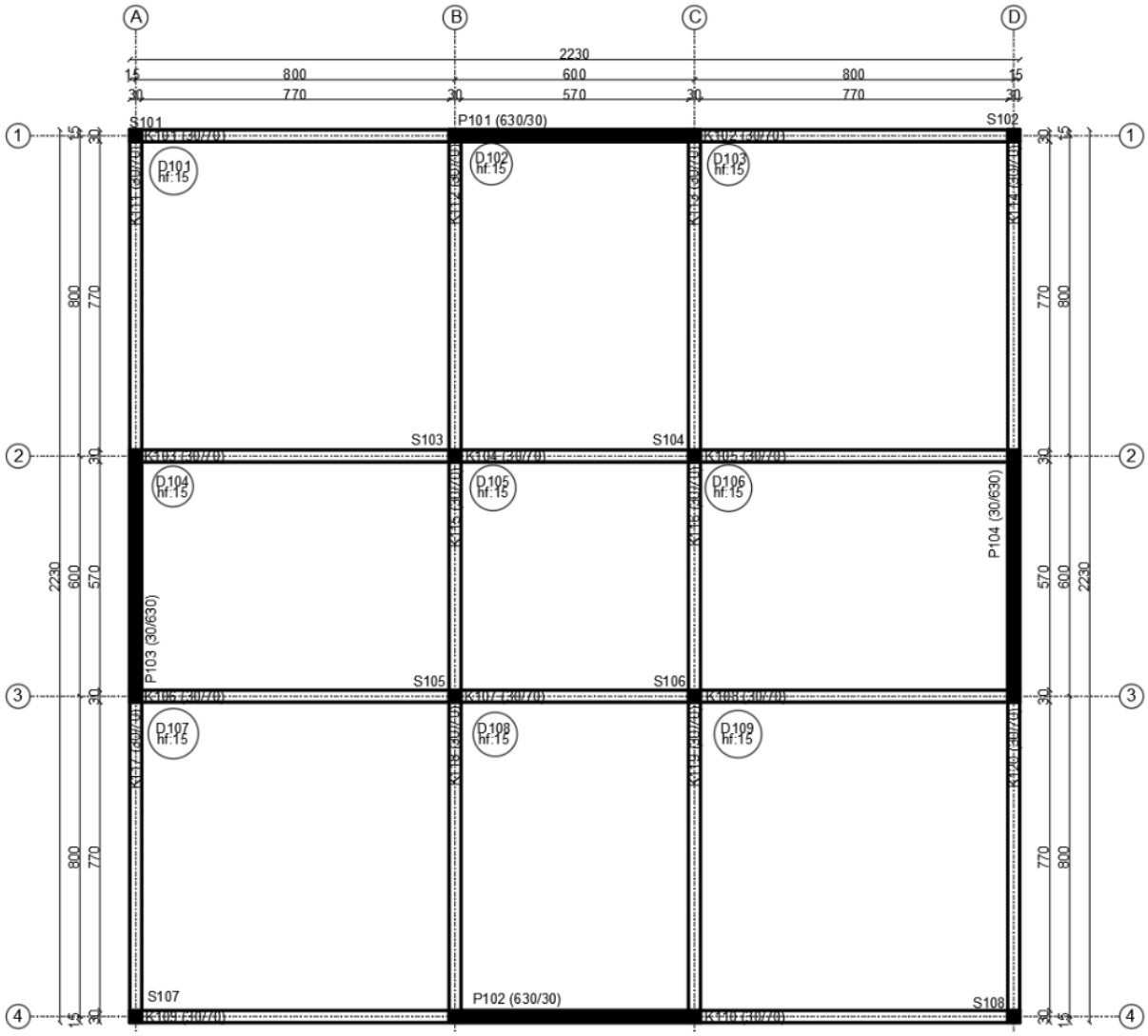
Son bölüm olan onuncu bölümde toplam altı sistem için yapılmış olan doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar verilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

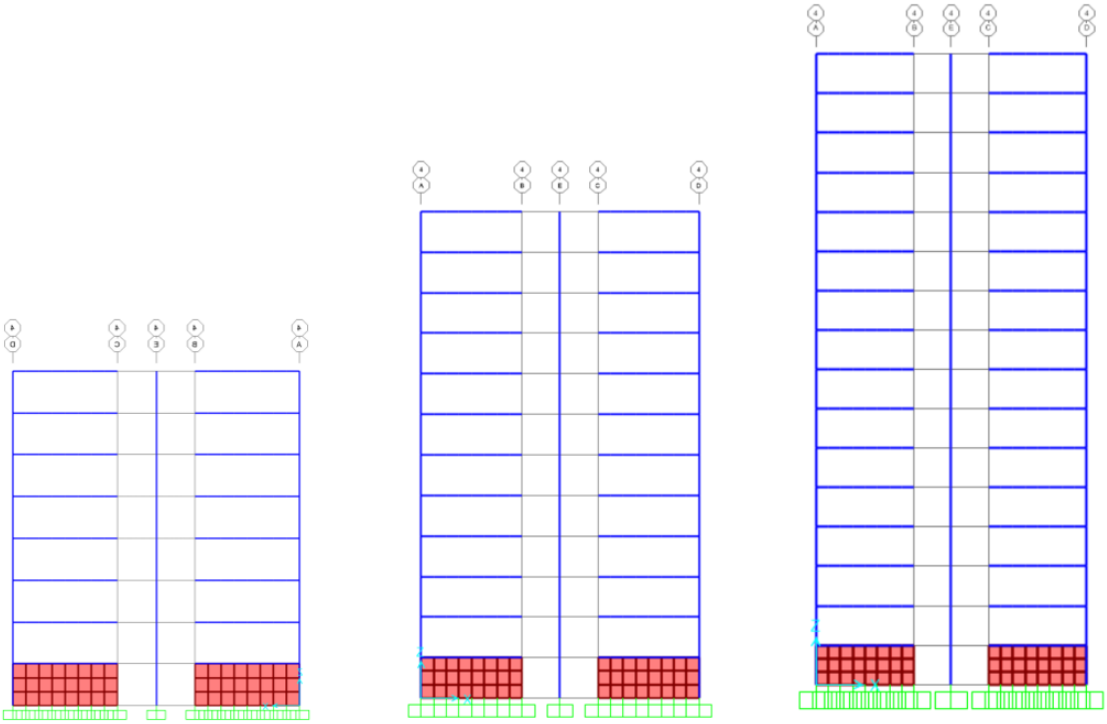
2 SEÇİLEN BİNALAR

2.1 YAPISAL GEOMETRİ

Bu çalışmada 8, 12 ve 16 katlı çubuk perdeli ve kabuk perdeli çerçeveli betonarme sistemler olmak üzere altı adet sistem ile çalışma yapılmıştır. Yapıların taşıyıcı sisteminin süneklik düzeyi yüksek betonarme perdeler ile süneklik düzeyi yüksek moment aktaran betonarme çerçevelerden oluşturulması öngörülmüştür. Binalar İstanbul ili, Beyoğlu İlçesi'nde yer almaktadır ve binaların kullanım amacı konut olarak seçilmiştir. Bütün sistemlerde kat planı aynıdır. Kat planı kare formda ve yerleşim simetriktir. Her doğrultuda ikişer perde mevcuttur. Perdeler 0,30 m/6,30 m boyutundadır. Kat planında aks sistemi X-X doğrultusundaki uzunluğu eksenden eksene 22,00 m ve Y-Y doğrultusundaki uzunluğu eksenden eksene 22,00 m'dir. Bina geometrisini gösteren tipik kalıp planı Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Sistemlerin taban alanı 484 m^2'dir. Kat yükseklikleri bütün katlarda aynı olup değeri 3,20 m'dir. Bütün sistemlerde ve bütün katlarda kiriş boyutları 0,30m/0,70m ve döşeme kalınlığı 0,15 m seçilmiştir. Yapıların hepsinde bodrum katta çevre perdesi mevcuttur ve genişliği 0,20 m'dir.



Şekil 2.1 Binaların Tipik Kat Kalıp Planı

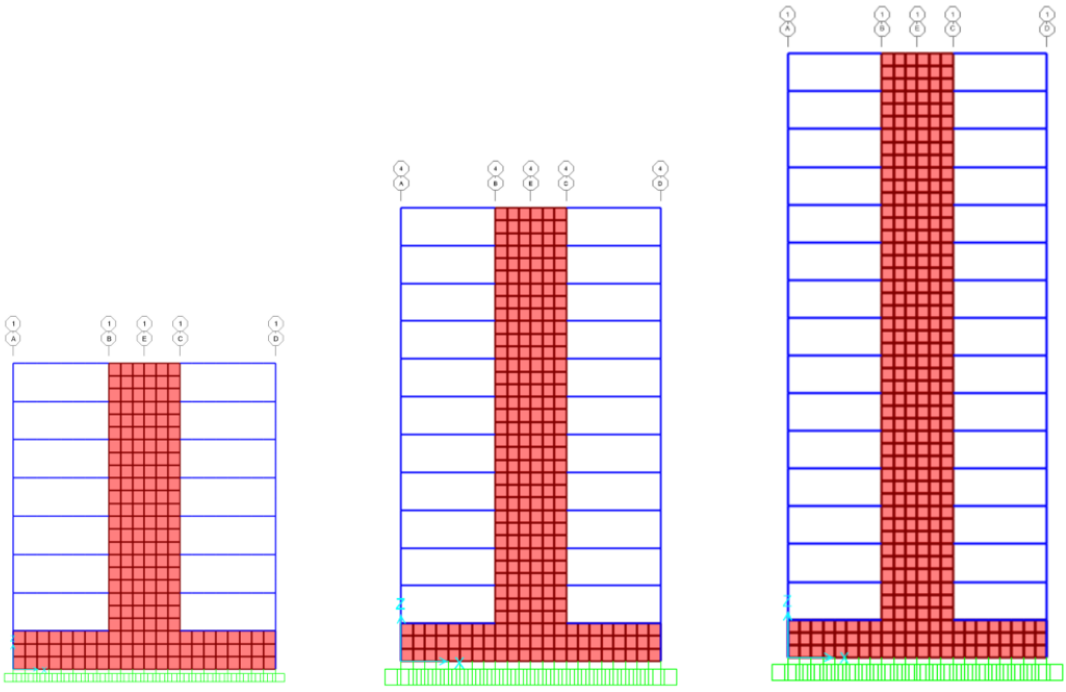


8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem H_N=25,6 m

12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem H_N=38,4 m

16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem H_N=51,2 m

Şekil 2.2 Çubuk Perdeli Çerçeveli Kat Adetleri Farklı Üç Sistemin XZ Y=0'daki Boykesitleri

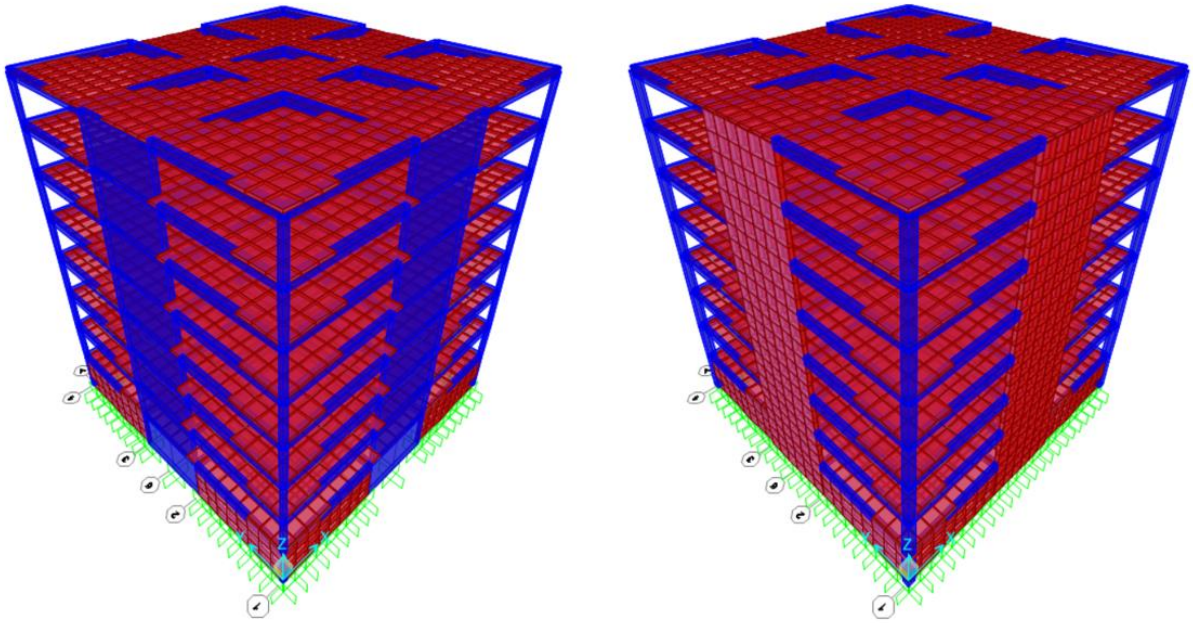


8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem H_N=25,6 m

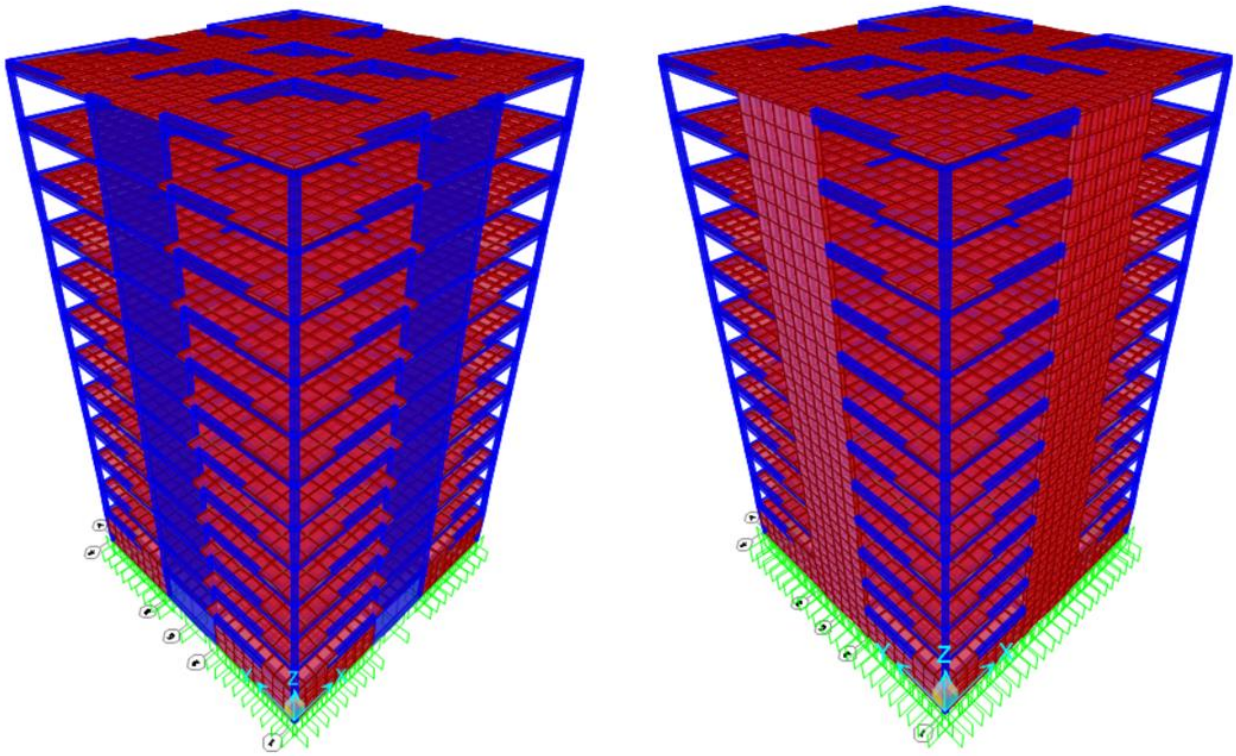
12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem H_N=38,4 m

16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem H_N=51,2 m

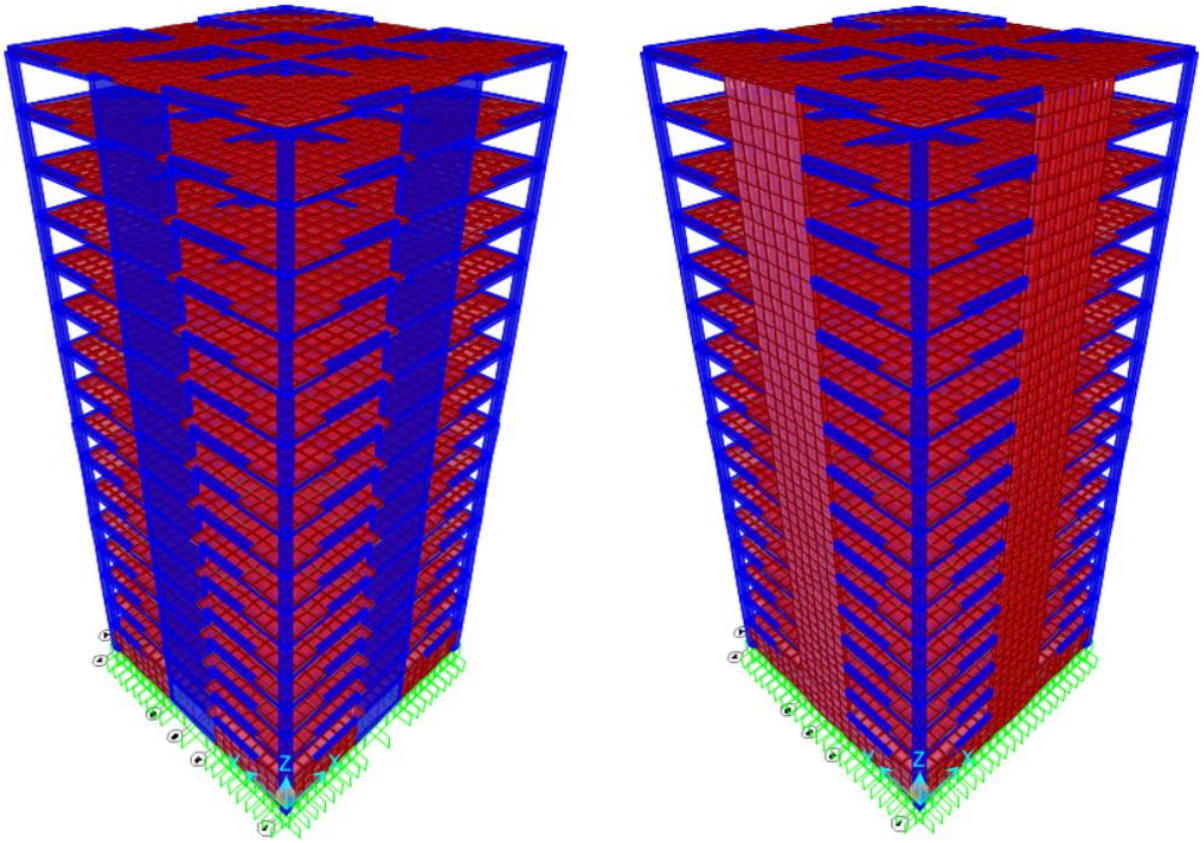
Şekil 2.3 Kabuk Perdeli Çerçeveli Kat Adetleri Farklı Üç Sistemin XZ Y=0'daki Boykesitleri



Şekil 2.4 8 Katlı Çubuk Perdeli ve Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemlerin Üç Boyutlu Görünümü



Şekil 2.5 12 Katlı Çubuk Perdeli ve Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemlerin Üç Boyutlu Görünümü



Şekil 2.6 16 Katlı Çubuk Perdeli ve Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemlerin Üç Boyutlu Görünümü

2.2 YAPISAL MALZEMELER

2.2.1 Beton Malzemesi

Beton sınıfı, bütün sistemlerde 28 günlük silindirik basınç dayanımı 35 MPa olan C35 betonu seçilmiştir. SAP2000'de birim hacim ağırlığı 25 kN/m^3, elastisite modülü E =33 GPa, poisson oranı 0,2, f_{ck}=35 MPa, beklenen basınç dayanımı f_{ce}=35 MPa kabul edilmiştir.

2.2.2 Donatı Malzemesi

Donatı çeliği, bütün sistemlerde minimum karakteristik akma dayanımı 420 MPa, çekme dayanımı karakteristik akma dayanımının 1,15 ile 1,35 katı arasında olan ve çekme dayanımına karşılık gelen birim şekil değiştirmesi %8 olan B420C çeliğidir. Modellemede elastisite modülü E =200 GPa, f_{yd} =365 MPa, minimum kopma dayanımı f_u=480 MPa, beklenen akma dayanımı f_{ye}=420 MPa ve beklenen kopma dayanımı f_{ue}=525 MPa kabul edilmiştir.

2.3 YÜKLER VE YÜK KOMBİNASYONLARI

2.3.1 Düşey Statik Yükler

Yapının kendi ağırlığı, taşıyıcı sistem elemanlarının kendi ağırlığı olup, analiz modelinde tanımlanan eleman boyutları ve birim ağırlıklar kullanılarak program tarafından otomatik olarak hesaplanmıştır. [1]

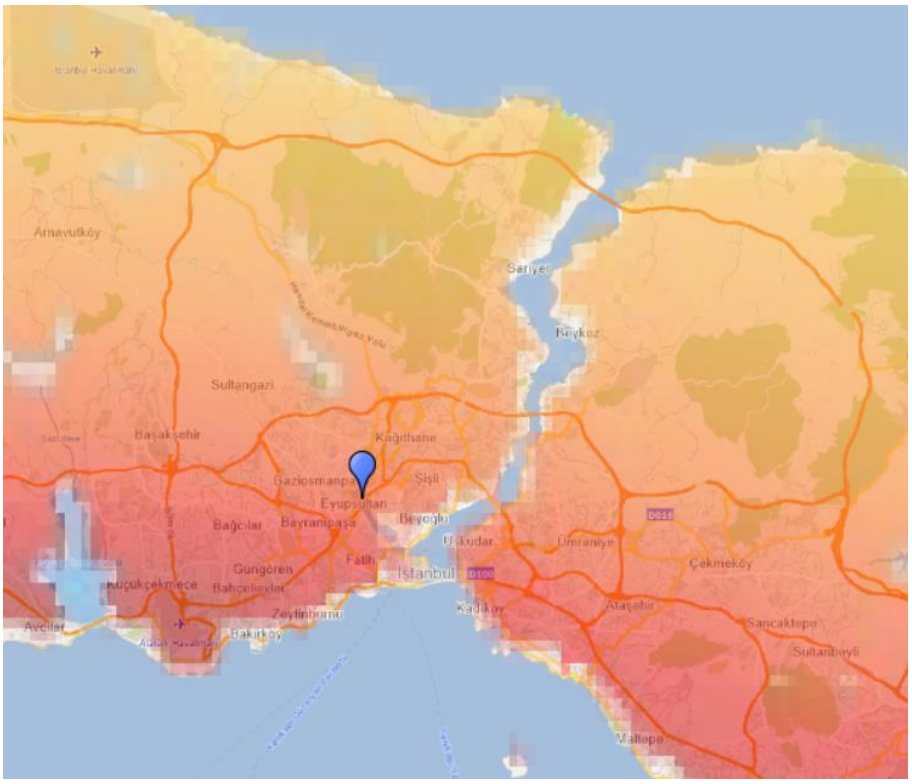
Sabit yük olarak, kirişlerin üzerinde bulunan duvarlardan g_{duvar}=3,0 kN/m, Tablo 2.1'de gösterildiği gibi döşemelerdeki sıva ve kaplama yüklerinden g_{doseme}=1,64 kN/m^2 seçilmiştir. Hareketli yük ise yapının bölümlerinin kullanım amacına uygun olarak TS498'e göre Tablo 2.1'de gösterildiği gibi q=2,0 kN/m^2 seçilmiştir. [3],[8]

Tablo 2.1 Döşemelere Gelen Yükler

DÖŞEMELER	Kalınlık (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m^3)	Birim Alana Gelen Ağırlık (kN/m^2)
Ahşap Parke Ağırlığı	0,022	8	0,18
Tesviye Betonu ve Şap Ağırlığı	0,03	22	0,66
Tavan Sıvası Ağırlığı	0,015	20	0,30
Asma Tavan Ağırlığı	0,01	50	0,50
Toplam Sabit Yük (gdöş) (kN/m^2)			1,64
Hareketli Yük (q) (kN/m^2)			2,00

2.3.2 Deprem Yükleri

Analizi yapılacak olan bütün yapılar İstanbul İli, Beyoğlu İlçesi'nde yer almaktadır. (Enlem 41.0473640°, Boylam 28.9437132°). DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi'nde (tekrarlanma periyodu 475 yıl), Yerel Zemin Sınıfı ZB (az ayrışmış, orta sağlam kayalar) seçilerek, Yatay Elastik Spektrum'un elde edilmesi için gerekli olan değerlere https://tdth.afad.gov.tr/ adresli internet sitesinden erişilmiştir. [11]



Şekil 2.7 Analizi Yapılacak Sistemlerin Konumu

2.3.2.1 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Haritadan ele edilen spektral ivme katsayıları S_S ve S_1 değerleri aşağıdaki gibidir.

Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı S_S=0,863

1 Saniye Periyot İçin Harita Spektral İvme Katsayısı S_1=0,243

Harita spektral ivme katsayıları S_S ve S_1, tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} ’e dönüştürülür:

$S_{DS}=S_S \times F_S$ $S_{D1}=S_1 \times F_1$

F_s ve F_1 değerleri Şekil 2.8 ve Şekil 2.9’da gösterilmiştir.

Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_S					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.*					

Yerel Zemin Sınıfı ZB ve S_S =0.863 için F_S=0.900

Şekil 2.8 F_S Değeri

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.*					

Yerel Zemin Sınıfı ZB ve S_1 =0.243 için F_1=0.800

Şekil 2.9 F_1 Değeri

Tasarım Spektral İvme Katsayıları:

$S_{DS}=S_S \times F_S$ = 0,863×0,900 =0,777

$S_{D1}=S_1 \times F_1$ = 0,243×0,800 =0,194

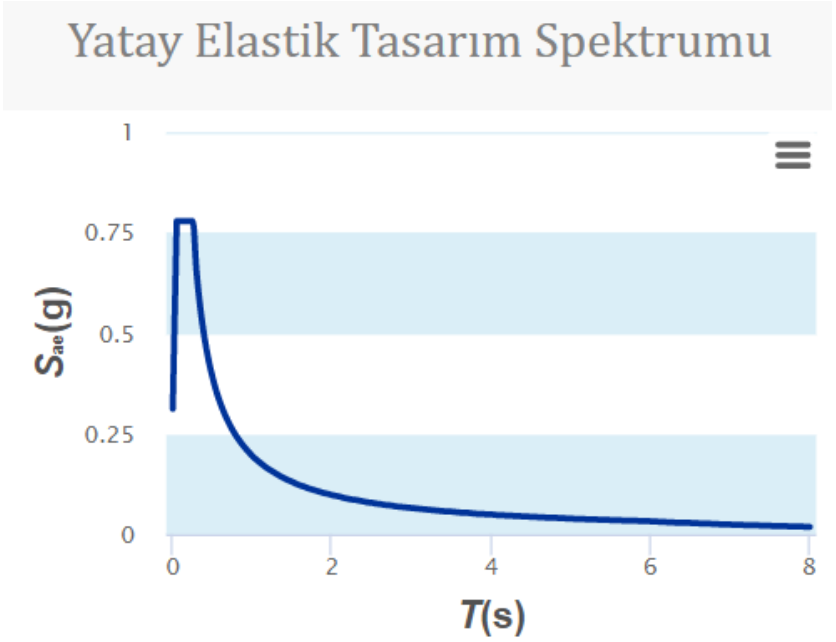
Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları T_A ve T_B, S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak tanımlanır.

$$T_A = 0{,}2\frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0{,}2\frac{0{,}187}{0{,}748} = 0{,}050\ s.\quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0{,}2\frac{0{,}187}{0{,}748} = 0{,}250\ s.$$

Tablo 2.2 Elde Edilen Çıktılar

Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı	S_s=0,863
1 Saniye Periyot İçin Harita Spektral İvme Katsayısı	S_1=0,243
Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı	S_{DS}=0,777
1 Saniye Periyot İçin Tasarım Spektral İvme Katsayısı	S_{D1}=0,194
En Büyük Yer İvmesi [g]	PGA=0,356
En Büyük Yer Hızı [cm/s]	PGV=22,251

Yatay tasarım spektral ivme değerleri $S_{ae}(T)$'nin yerçekimi ivmesi cinsinden doğal titreşim periyoduna bağlı olarak aşağıda ifade edilmiştir. [11]



Şekil 2.10 DD-2 Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

2.3.2.2 Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

Şekil 2.11'de verilen TBDY 4.4.3.2'ye göre, bütün sistemlerde düşey deprem etkisi yaklaşık olarak TBDY Denk. (4.10) ile hesaplanacağından TBDY 2.3.5'de verilen düşey elastik tasarım spektrumu kullanılmayacaktır.

Analizi yapılacak olan bütün sistemler TBDY 4.4.3.1'dekilerin dışında kaldığı için düşey deprem etkisi TBDY Denk. (4.10) ile $E_d^{(Z)}=(2/3)S_{DS}g=(2/3)\times0{,}777\times g=0{,}518g$ olarak tanımlanmıştır. [10]

4.4.3. Düşey Deprem Etkisi

4.4.3.1 – DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a olarak sınıflandırılan ve aşağıdaki elemanları içeren binalarda düşey deprem hesabı, bu elemanların *yerel düşey titreşim modları* esas alınarak *sadece bu elemanlar için* **2.3.5**'te tanımlanan *düşey elastik ivme spektrumu*'na göre **4.8.2**'de verilen yöntemle yapılacaktır. *Düşey deprem etkisi* $E_d^{(Z)}$ 'in bu şekilde hesabında tüm taşıyıcı sistemler için $R/I = 1$ ve $D = 1$ alınacaktır.

(a) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20 m veya daha fazla olan kirişleri içeren binalar,

(b) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5 m veya daha fazla olan konsolları içeren binalar,

(c) Kirişlere oturan kolonları içeren binalar,

(d) Kolonları düşeye göre eğimli olan binalar.

4.4.3.2 – **4.4.3.1**'de belirtilen elemanların dışındaki taşıyıcı sistem kısımlarında ve **4.4.3.1**'deki tanımın dışında kalan binalarda *düşey deprem etkisi* $E_d^{(Z)}$, özel bir hesap yapılmaksızın, **Denk.(4.10)** ile yaklaşık olarak hesaplanacaktır.

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3)\, S_{DS}\, G \qquad \textbf{(4.10)}$$

Burada G sabit yük etkisini, S_{DS} ise **2.3.2**'de tanımlanan *kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı*'nı göstermektedir.

Şekil 2.11 Düşey Deprem Etkisi Bölümü (TBDY 4.4.3)

2.4 DEPREM ETKİLERİNİN BİRLEŞTİRİLMESİ VE TASARIMA ESAS İÇ KUVVETLER İÇİN YÜK BİRLEŞTİRMELERİ

Elde edilen tesirler farklı yük kombinasyonu ile kombine edilmiş ve en elverişsiz sonuçlar kullanılarak tasarım yapılmıştır. G sabit yükü, Q hareketli yükü, E deprem yükünün artırılarak veya azaltılarak tasarıma esas olan hesap yükünün bulunması ve bunların değişik yükleme durumlarını temsil etmek üzere birleştirilmesi gerekir. Yüklemelerde kullanılan katsayılar ve birleştirme durumları ortaya çıkma sıklıklarına ve beraber oluşma durumlarına gore belirlenir.

Yapı analizinde kullanılan yük kombinasyonları TBDY 2018'den alınmıştır ve bu kombinasyonlar %5 dışmerkezliğin her iki yönde artı ya da eksi olması durumuna göre arttırılmıştır. [2], [10]

1.4G+1.6Q

G+Q ±Ex(p) ±0.3Ey(p)+0.3Ez

G+Q ±Ey(p) ±0.3Ex(n)+0.3Ez

G+Q ±Ex(n) ±0.3Ey(n)+0.3Ez

G+Q ±Ey(n) ±0.3Ex(p)+0.3Ez

0.9G ±Ex(p) ±0.3Ey(p)-0.3Ez

0.9G ±Ey(p) ±0.3Ex(n)-0.3Ez

0.9G ±Ex(n) ±0.3Ey(n)-0.3Ez

0.9G ±Ey(n) ±0.3Ex(p)-0.3Ez

Tablo 2.3 Yük Tanımları

G:	Sabit yükler
Q:	Hareketli yükler
Ex(p):	X deprem doğrultusu ile birlikte pozitif +0,05 ek dışmerkezlik etkisi
Ex(n):	X deprem doğrultusu ile birlikte negatif -0,05 ek dışmerkezlik etkisi
Ey(p):	Y deprem doğrultusu ile birlikte pozitif +0,05 ek dışmerkezlik etkisi
Ey(n):	Y deprem doğrultusu ile birlikte negatif -0,05 ek dışmerkezlik etkisi
Ez:	Düşey deprem etkisi

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3 BİNALARIN MODELLENMESİ

Binaların modellenmesinde perdeler için iki türlü modelleme benimsenmiştir.

İlk durumda perdeler eşdeğer kolon olarak modellenmiştir. Çubuk (frame) eleman olarak tanımlanan perdelerde yatay kesitlerinin üzerine kütlesiz, elastisite modülü ve atalet momenti abartılı büyük, fiktif kirişler tanımlanarak komşu kirişler ve kirişlerden perdelere sağlıklı yük aktarımının gerçekleşmesi sağlanır. Bu işlem statik analizde doğru sonuçlar verirken dinamik analizde dikkatli olmak gerekir. Çünkü dinamik analizde genellikle $c=a_0m+a_1k$ gibi kütle ve rijitlik matrisiyle orantılı bir sönümleme matrisi kabul edilir, bu durum büyük sönümlere sebep olabilir. Sönüm matrisinin ortogonallik şartını sağlaması için kütle ve rijitlik matrisi ile orantılı kabul edilir. Rijit fiktif kirişlerin kütlesi olmadığı için bu yönde problem çıkmazken, kirişlerdeki çok büyük rijitlik sistemde mevcut olmayan çok büyük sönümü hesaba dahil eder. Çok büyük rijitliğe sahip fiktif kirişlerde çok büyük sönümleme kullanılacağı için hatalı sonuçlar doğması muhtemeldir. Bu problemden kurtulmak için fiktif kirişler yerine perdenin kat seviyesindeki noktası ile ona birleşen kirişlerin uç noktasını Constrain (Body) özelliği ile birbirine bağlamak mümkündür. Bu durumda bu iki noktanın birbirine göre rölatif hareket etmediği (beraberce rijit hareket ettiği) kabul edilmektedir ve sonuç olarak büyük sayıların sayısal çözümde verdiği yakınsama problemi ortadan kaldırılır. Bu özellik, duruma uygun olduğu için çubuk olarak modellenen perdelerde bu üç noktalara her kat ve her perde için ayrı olmak üzere Body özelliği atanmıştır. [13]

İkinci durumda perdeler kabuk (Shell) eleman olarak modellenmiştir. Kabuk sonlu eleman olarak modellenen perdelerde sonlu eleman boyutları, iç kuvvet etkilerinin yeterli doğrulukta hesaplanmasını sağlayacak şekilde yaklaşık birer metre arayla seçilmiştir. Perdenin uzun kenarı 6,3 m yüksekliği 3,2 m olduğundan kabuk eleman 18 parçaya bölünmüştür. Aynı işlem bodrum perdeleri için de yapılmıştır. Bu modellemede perde kesitindeki gerilmelerden (kayma gerilmesi ve normal gerilmeler) kesitteki kesme kuvveti ve

eğilme momentinin bulunması için Section Cut özelliği kullanılmıştır. İç kuvvet hesaplanacak yerdeki düğüm noktaları ve elemanlar ile gruplama yapılır ve daha sonrasında bu gruplara perde (Wall) tanımı yapılarak değerler elde edilir.

Kolon ve kirişler çubuk eleman, döşemeler ise kabuk eleman olarak modellenmiştir.

Bütün sistemlerde bulunan döşemelere rijit diyafram tanımı yapılmıştır. Ancak çubuk eleman olarak tanımlanan perdeli sistemlerde, perde ucu ve iki kiriş ucuna Body özelliği atandığı için bu noktalar rijit diyafram tanımından kaldırılmıştır.

Bodrum çevre perdeleri kabuk (shell) eleman olarak modellenmiştir. Çevre perdesinin bir katlı bodrumda zeminden önemli itki söz konusu olmayacaktır ayrıca bu itkiler karşılıklı dengelenecektir (H=yatay zemin itkisi). Çevre perdesinin varlığı modellerde rijitlik açısından etkilidir.

Hareketli yük kütle katılım katsayısı Tablo 3.1'de verilen TBDY Tablo 4.3'e göre binalar konut olduğu için n=0.3 alınmıştır.

Tablo 3.1 Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı (TBDY Tablo 4.3)

Tablo 4.3. Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı

Binanın Kullanım Amacı	*n*
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30

Sistemlerde taşıyıcı elemanların etkin kesit rijitlikleri kullanılmıştır. Bu değerler Tablo 3.2'de verilen TBDY Tablo 4.2'den alınmıştır.

Tablo 3.2 Etkin Kesit Rijitlik Değerleri (TBDY Tablo 4.2)

Tablo 4.2. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	***Eksenel***	***Kayma***
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)	***Eğilme***	***Kesme***
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	***Eğilme***	***Kesme***
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4 BİNALARIN DÜŞEY YÜK VE DEPREM ETKİSİNDE TASARIMI

4.1 BOYUTLANDIRMA

TS500 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de kiriş ön boyutu için belirtilen sınır değerler:

TS500:

$b_w \geq 20$ cm, $b_w \leq b_k + h$ $\quad$ $h \geq 30$ cm, $3h_f$

$h \leq 30$ cm(sürekli kirişlerde), $l_{sn}/1{,}5$(basit kirişlerde)

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018:

$b_w \geq 25$ cm, $b_w \leq b_k + h$ $\quad$ $h \geq 30$ cm, $3h_f$ $\quad$ $h \leq 3{,}5b_w$, $l_{sn}/4$

Tablo 4.1 Kirişlerin Ön Boyutlarının Yönetmelik Esaslarına Göre Kontrolü

TS500:	**Deprem Yönetmeliği 2018:**
• $b_w \geq 20$cm, $b_w \leq bk+h$ • $h \geq 30$cm, $3h_f=45$cm,	• $b_w \geq 25$cm, $b_w \leq bk+h$ • $h \geq 30$cm, $3h_f=45$cm • $h \leq 3.5bw=105$cm ; $l_{sn}/4=570/4=142{,}5$cm

Bu bilgiler doğrultusunda kiriş boyutları b_w=30 cm ve h=70 cm seçilmiştir.

Kolonlarda TBDY 7.3.1.1' e göre dikdörtgen kolonların minimum kenar uzunluğu 30 cm'dir. Bu yüzden ilk başta tüm kolon boyutları 30cm×30cm ve perdeler 630cm×30cm seçilmiştir. Sistemler modellendikten ve düşey yükler ve deprem yükleri girildikten sonra SAP2000'den G+Q+E yük birleştirme durumuna göre okunan değerleri kolonlarda $A_c \geq N_{G+Q+E}/0{,}4f_{ck}$, perdelerde $A_c \geq N_{G+Q+E}/0{,}35f_{ck}$ olararak hesaplanmıştır. Gerekli olan alan değerleri sağlanmadığı durumlarda kolon boyutları arttırılarak eşitlik sağlanmıştır. Perdelerin

alanı (18900 cm^2) $N_{G+Q+E}/0,35f_{ck}$'dan çok daha fazla olduğu için perde boyutları değiştirilmemiştir. 8, 12 ve 16 katlı sistemlerin kolon ön boyut hesabı Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2 8, 12 ve 16 Katlı Sistemlerin Kolon Ön Boyutlandırılması

8 KATLI ÖN BOYUTLANDIRMA							
Kolon No	**Kat**	**Nd_{G+Q+E} (kN)**	**$A_{c,G+Q+E}$ (cm^2)**	**$b_{seçilen}$ (cm)**	**$h_{seçilen}$ (cm)**	**A_c seçilen(cm^2)**	**$A_{c\ seçilen} > A_{c,G+Q+E}$**
S101-S102-S107-S108	6.Normal Kat	131,57	93,98	30	30	900	Kesit Yeterli
	5.Normal Kat	274,89	196,35	30	30	900	Kesit Yeterli
	4.Normal Kat	416,14	297,24	30	30	900	Kesit Yeterli
	3.Normal Kat	558,31	398,79	30	30	900	Kesit Yeterli
	2.Normal Kat	700,52	500,37	30	30	900	Kesit Yeterli
	1.Normal Kat	843,28	602,34	30	30	900	Kesit Yeterli
	Zemin Kat	983,16	702,26	30	30	900	Kesit Yeterli
	Bodrum Kat	358,25	255,89	30	30	900	Kesit Yeterli

8 KATLI ÖN BOYUTLANDIRMA							
Kolon No	**Kat**	**Nd_{G+Q+E} (kN)**	**$A_{c,G+Q+E}$ (cm^2)**	**$b_{seçilen}$ (cm)**	**$h_{seçilen}$ (cm)**	**A_c seçilen(cm^2)**	**$A_{c\ seçilen} > A_{c,1,4G+1,6Q}$**
S103-S104-S105-S106	6.Normal Kat	387,10	276,50	30	30	900	Kesit Yeterli
	5.Normal Kat	774,52	553,23	30	30	900	Kesit Yeterli
	4.Normal Kat	1162,37	830,26	30	30	900	Kesit Yeterli
	3.Normal Kat	1552,80	1109,14	40	40	1600	Kesit Yeterli
	2.Normal Kat	1945,22	1389,45	40	40	1600	Kesit Yeterli
	1.Normal Kat	2340,65	1671,89	45	45	2025	Kesit Yeterli
	Zemin Kat	2739,83	1957,02	45	45	2025	Kesit Yeterli
	Bodrum Kat	3124,58	2231,84	50	50	2500	Kesit Yeterli

12 KATLI ÖN BOYUTLANDIRMA							
Kolon No	**Kat**	**Nd_{G+Q+E} (kN)**	**$A_{c,G+Q+E}$ (cm^2)**	**$b_{seçilen}$ (cm)**	**$h_{seçilen}$ (cm)**	**A_c seçilen(cm^2)**	**$A_{c\ seçilen} > A_{c,G+Q+E}$**
S101-S102-S107-S108	10.Normal Kat	99,86	71,33	30	30	900	Kesit Yeterli
	9.Normal Kat	213,24	152,31	30	30	900	Kesit Yeterli
	8.Normal Kat	325,09	232,21	30	30	900	Kesit Yeterli
	7.Normal Kat	437,64	312,60	30	30	900	Kesit Yeterli
	6.Normal Kat	550,50	393,21	30	30	900	Kesit Yeterli
	5.Normal Kat	663,76	474,11	30	30	900	Kesit Yeterli
	4.Normal Kat	777,45	555,32	30	30	900	Kesit Yeterli
	3.Normal Kat	891,69	636,92	30	30	900	Kesit Yeterli
	2.Normal Kat	1006,51	718,94	30	30	900	Kesit Yeterli
	1.Normal Kat	1122,35	801,68	30	30	900	Kesit Yeterli
	Zemin Kat	1235,55	882,54	30	30	900	Kesit Yeterli
	Bodrum Kat	432,55	308,96	30	30	900	Kesit Yeterli

12 KATLI ÖN BOYUTLANDIRMA							
Kolon No	**Kat**	**Nd_{G+Q+E} (kN)**	**$A_{c,G+Q+E}$ (cm^2)**	**$b_{seçilen}$ (cm)**	**$h_{seçilen}$ (cm)**	**A_c seçilen(cm^2)**	**$A_{c\ seçilen} > A_{c,G+Q+E}$**
S103-S104-S105-S106	10.Normal Kat	334,39	238,85	30	30	900	Kesit Yeterli
	9.Normal Kat	651,62	465,44	30	30	900	Kesit Yeterli
	8.Normal Kat	974,42	696,01	30	30	900	Kesit Yeterli
	7.Normal Kat	1298,78	927,70	35	35	1225	Kesit Yeterli
	6.Normal Kat	1626,50	1161,79	35	35	1225	Kesit Yeterli
	5.Normal Kat	1958,17	1398,69	40	40	1600	Kesit Yeterli
	4.Normal Kat	2294,69	1639,06	45	45	2025	Kesit Yeterli
	3.Normal Kat	2636,95	1883,54	45	45	2025	Kesit Yeterli
	2.Normal Kat	2985,90	2132,79	50	50	2500	Kesit Yeterli
	1.Normal Kat	3342,39	2387,42	50	50	2500	Kesit Yeterli
	Zemin Kat	3707,68	2648,34	55	55	3025	Kesit Yeterli
	Bodrum Kat	4078,14	2912,96	55	55	3025	Kesit Yeterli

16 KATLI ÖN BOYUTLANDIRMA							
Kolon No	**Kat**	**Nd_{G+Q+E} (kN)**	**$A_{c,G+Q+E}$ (cm^2)**	**$b_{seçilen}$ (cm)**	**$h_{seçilen}$ (cm)**	**A_c seçilen(cm^2)**	**$A_{c\ seçilen} > A_{c,G+Q+E}$**
S101-S102-S107-S108	14.Normal Kat	81,36	58,11	30	30	900	Kesit Yeterli
	13.Normal Kat	172,83	123,45	30	30	900	Kesit Yeterli
	12.Normal Kat	264,05	188,61	30	30	900	Kesit Yeterli
	11.Normal Kat	355,609	254,01	30	30	900	Kesit Yeterli
	10.Normal Kat	447,86	319,90	30	30	900	Kesit Yeterli
	9.Normal Kat	540,74	386,24	30	30	900	Kesit Yeterli
	8.Normal Kat	634,5	453,21	30	30	900	Kesit Yeterli
	7.Normal Kat	729,31	520,94	30	30	900	Kesit Yeterli
	6.Normal Kat	825,48	589,63	30	30	900	Kesit Yeterli
	5.Normal Kat	923,32	659,51	30	30	900	Kesit Yeterli
	4.Normal Kat	1023,20	730,86	30	30	900	Kesit Yeterli
	3.Normal Kat	1125,44	803,89	30	30	900	Kesit Yeterli
	2.Normal Kat	1230,31	878,79	30	30	900	Kesit Yeterli
	1.Normal Kat	1338,49	956,06	35	35	1225	Kesit Yeterli
	Zemin Kat	1446,20	1033,00	35	35	1225	Kesit Yeterli
	Bodrum Kat	510,34	364,53	35	35	1225	Kesit Yeterli

16 KATLI ÖN BOYUTLANDIRMA							
Kolon No	Kat	Nd_{G+Q+E} (kN)	$A_{c,G+Q+E}$ (cm^2)	$b_{seçilen}$ (cm)	$h_{seçilen}$ (cm)	A_c seçilen(cm^2)	$A_{c\ seçilen} > A_{c,G+Q+E}$
S103-S104-S105-S106	14.Normal Kat	354,55	253,25	30	30	900	Kesit Yeterli
	13.Normal Kat	664,31	474,51	30	30	900	Kesit Yeterli
	12.Normal Kat	984,21	703,01	30	30	900	Kesit Yeterli
	11.Normal Kat	1304,2	931,57	35	35	1225	Kesit Yeterli
	10.Normal Kat	1627,7	1162,64	35	35	1225	Kesit Yeterli
	9.Normal Kat	1954,67	1396,19	40	40	1600	Kesit Yeterli
	8.Normal Kat	2286,25	1633,04	45	45	2025	Kesit Yeterli
	7.Normal Kat	2623,35	1873,82	45	45	2025	Kesit Yeterli
	6.Normal Kat	2966,94	2119,24	50	50	2500	Kesit Yeterli
	5.Normal Kat	3317,84	2369,89	50	50	2500	Kesit Yeterli
	4.Normal Kat	3676,70	2626,21	55	55	3025	Kesit Yeterli
	3.Normal Kat	4043,93	2888,52	55	55	3025	Kesit Yeterli
	2.Normal Kat	4420,02	3157,16	60	60	3600	Kesit Yeterli
	1.Normal Kat	4804,81	3432,01	60	60	3600	Kesit Yeterli
	Zemin Kat	5200,03	3714,31	65	65	4225	Kesit Yeterli
	Bodrum Kat	5582,15	3987,25	65	65	4225	Kesit Yeterli

Sistemlerde kolon boyutları düzeltildikten sonra sistemlere analiz yapıldı ve daha sonrasında Concrete Frame Design bölümünden ilgili yük birleştirmeleri ve Design Code TS500-2000 kabul edilerek tasarım yaptırılmıştır. Tasarım sonucunda elverişsiz yüklemelere göre donatı oranları (Rebar Percentage) ve kolonların kirişlerden güçlü olma koşulu (6/5 Beam/Column Capacity Ratio) incelenmiştir. Sistemdeki kolonların minimum donatı oranına göre ve kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşuluna göre (oran<1) kesitler yeniden düzenlenmiştir. [1] Seçilmiş olan en son değerler Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3 8, 12 ve 16 Katlı Sistemlerde Seçilen Kolon Boyutları

8 KATLI SİSTEMDE KÖŞE KOLONLAR			
Kolon No	Kat	$b_{seçilen}$ (cm)	$h_{seçilen}$ (cm)
S101-S102-S107-S108	6.Normal Kat	45	45
	5.Normal Kat	45	45
	4.Normal Kat	45	45
	3.Normal Kat	50	50
	2.Normal Kat	50	50
	1.Normal Kat	50	50
	Zemin Kat	55	55
	Bodrum Kat	55	55

8 KATLI SİSTEMDE ORTA KOLONLAR			
Kolon No	Kat	$b_{seçilen}$ (cm)	$h_{seçilen}$ (cm)
S103-S104-S105-S106	6.Normal Kat	55	55
	5.Normal Kat	55	55
	4.Normal Kat	55	55
	3.Normal Kat	55	55
	2.Normal Kat	55	55
	1.Normal Kat	55	55
	Zemin Kat	55	55
	Bodrum Kat	55	55

12 KATLI SİSTEMDE KÖŞE KOLONLAR			
Kolon No	Kat	$b_{seçilen}$ (cm)	$h_{seçilen}$ (cm)
S101-S102-S107-S108	10.Normal Kat	50	50
	9.Normal Kat	50	50
	8.Normal Kat	50	50
	7.Normal Kat	50	50
	6.Normal Kat	55	55
	5.Normal Kat	55	55
	4.Normal Kat	55	55
	3.Normal Kat	55	55
	2.Normal Kat	60	60
	1.Normal Kat	60	60
	Zemin Kat	60	60
	Bodrum Kat	60	60

12 KATLI SİSTEMDE ORTA KOLONLAR			
Kolon No	Kat	$b_{seçilen}$ (cm)	$h_{seçilen}$ (cm)
S101-S102-S107-S108	10.Normal Kat	55	55
	9.Normal Kat	55	55
	8.Normal Kat	55	55
	7.Normal Kat	55	55
	6.Normal Kat	60	60
	5.Normal Kat	60	60
	4.Normal Kat	60	60
	3.Normal Kat	65	65
	2.Normal Kat	65	65
	1.Normal Kat	70	70
	Zemin Kat	70	70
	Bodrum Kat	70	70

16 KATLI SİSTEMDE KÖŞE KOLONLAR			
Kolon No	Kat	$b_{seçilen}$ (cm)	$h_{seçilen}$ (cm)
S101-S102-S107-S108	14.Normal Kat	50	50
	13.Normal Kat	50	50
	12.Normal Kat	50	50
	11.Normal Kat	50	50
	10.Normal Kat	55	55
	9.Normal Kat	55	55
	8.Normal Kat	55	55
	7.Normal Kat	55	55
	6.Normal Kat	60	60
	5.Normal Kat	60	60
	4.Normal Kat	60	60
	3.Normal Kat	60	60
	2.Normal Kat	65	65
	1.Normal Kat	65	65
	Zemin Kat	65	65
	Bodrum Kat	65	65

16 KATLI SİSTEMDE ORTA KOLONLAR			
Kolon No	Kat	$b_{seçilen}$ (cm)	$h_{seçilen}$ (cm)
S103-S104-S105-S106	14.Normal Kat	55	55
	13.Normal Kat	55	55
	12.Normal Kat	55	55
	11.Normal Kat	55	55
	10.Normal Kat	60	60
	9.Normal Kat	60	60
	8.Normal Kat	60	60
	7.Normal Kat	60	60
	6.Normal Kat	65	65
	5.Normal Kat	65	65
	4.Normal Kat	65	65
	3.Normal Kat	65	65
	2.Normal Kat	70	70
	1.Normal Kat	70	70
	Zemin Kat	70	70
	Bodrum Kat	70	70

4.2 DEPREM ETKİSİNDE TASARIM İÇİN ESASLAR VE DAYANIMA GÖRE TASARIMI

Bina Kullanım Sınıfı Tablo 4.4'e göre altı bina da konut olduğu için BKS=3 ve buna karşılık gelen Bina Önem Katsayısı I=1'dir.

Tablo 4.4 Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları (TBDY Tablo 3.1)

Tablo 3.1 – Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	**Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar** **a)** Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) **b)** Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. **c)** Müzeler **d)** Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	**İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar** Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	**Diğer binalar** BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Tablo 4.5'e göre Deprem Tasarım Sınıfı, DD-2, S_{DS}=0,777 ve BKS=3 olduğu için DTS=1'dir.

Tablo 4.5 Deprem Tasarım Sınıfları (TBDY Tablo 3.2)

Tablo 3.2 – Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \le S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \le S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \le S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Bina Yüksekliği, bina tabanı temel seviyesinden tanımlanmıştır. Tablo 4.6'ya göre Bina Yükseklik Sınıfı aşağıda gösterilmiştir.

8 Katlı Sistem H_N=25,6 m DTS=1 için BYS=5

12 Katlı Sistem H_N=38,4 m DTS=1 için BYS=4

16 Katlı Sistem H_N=51,2 m DTS=1 için BYS=3

Tablo 4.6 Bina Yükseklik Sınıfları (TBDY Tablo 3.3)

Tablo 3.3 – Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Tablo 4.7'ye göre Bina Performans Hedefi, DD-2, DTS=1 ve yeni yapılacak yerinde dökme betonarme binalar için tasarım yaklaşımı Dayanıma Göre Tasarım'dır.

Tablo 4.7 Bina Performans Hedefi (TBDY Tablo 3.4)

(a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Dışında – BYS ≥ 2)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1,1a[1], 2, 2a[1], 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a[2], 2a[2])	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT[5]	KH	DGT[3,4]
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Tablo 4.8'de verilen Taşıyıcı Sisteme Göre R ve D Katsayılarının Belirlenmesi, TBDY Tablo 4.1.'e göre binaların taşıyıcı sistem türü A15'tir. Bu yüzden altı sistemde de Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı mevcut perdeler göz önüne alınarak R=7, Dayanım Fazlalığı Katsayısı D=2.5'tir.

Tablo 4.8 Taşıyıcı Sistem Davranış ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı (TBDY Tablo 4.1)

Tablo 4.1. Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.4.5**)	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.4.5**)	7	2.5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen *süneklik düzeyi yüksek* betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–

Şekil 4.1'e göre Deprem Yükü Azaltma Katsayısı bütün sistemlerde $T>T_B$ olduğu için $R_a(T)=R/I$'dır.

$$R_a(T)=\frac{R}{I} \qquad T>T_B \qquad \textbf{(4.1a)}$$

$$R_a(T)=D+\left(\frac{R}{I}-D\right)\frac{T}{T_B} \qquad T\le T_B \qquad \textbf{(4.1b)}$$

Şekil 4.1 TBDY Bölüm 4.1

Azaltılmış Tasarım İvme Spekturumu $S_{aR}(T)=S_{ae}(T)/R_a(T)$'dir.

Bu bilgiler doğrultusunda Mod Birleştirme Yöntemi kullanılarak Dayanıma Göre Tasarım bütün sistemler için TBDY ve TS500'e uygun şekilde yapılmış, donatılar seçilmiş ve kesitler tipleştirilmiştir.

4.2.1 Kiriş Donatıları

Altı sistemde zarf yüklemesinden elde edilen en büyük iç kuvvetlere göre kirişlerin eğilme ve kesme tasarımı yapılmış, benzer kirişler için tipleştirme yapılmıştır. Sistemlerde simetriden yararlanarak K101, K102, K109, K110, K111, K114, K117, K120 kirişleri K101 tipi kiriş, K103, K105, K106, K108, K112, K113, K118, K119 kirişleri K103 tipi kiriş ve K104, K107, K115, K116 kirişleri K104 tipi kiriş olarak belirlenmiştir. Altı sistem için benzetilen K101, K103 ve K104 kiriş donatı düzenleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de verilmiştir.

Örnek olarak 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin K601 kirişinin betonarme kesit hesabı gösterilmiştir.

K601 Kirişi Betonarme Kesit Hesabı:

1- Eğilme Tasarımı:

b_w=0,30 m, h=0,70 m, d'=0,04 m, d=0,66 m, h_f=0,15 m, L=8,00 m, M_{sol}=-99,69 kNm, $M_{sağ}$=-226,29 kNm, $M_{açıklık}$=121,56 kNm

K601 kirişi kesit tipi yarım tablalı kiriştir. L_p=0,70×L=0,70×8,00=5,60 m, 0,1L_p=0,1×5,60=0,56 m

b_1=0,56 m, b_w=0,33 m b=b_1+b_w=0,56+0,3=0,86 m.

Açıklık donatısı: b=0,86 m ve $M_{açıklık}$=121,56 kNm ile

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_d}{0{,}85 f_{cd} b}} = \left(0{,}66 - \sqrt{0{,}66^2 - \frac{2 \times 121{,}56}{0{,}85 \times 23333 \times 0{,}86}}\right) = 0{,}0109\ m$$

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd}(d - 0{,}5a)} = \left(\frac{121{,}56}{365217(0{,}66 - 0{,}5 \times 0{,}0109)}\right) \times 10^6 = 509\ mm^2$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} b_w d = 0{,}8 \times \frac{f_{yd}}{f_{ctd}} \times b_w \times d = 0{,}8 \times \frac{365217}{1380{,}42} \times 300 \times 660 = 599\ mm^2$$

A_s=509 mm^2 <$A_{s,min}$=599 mm^2 olduğundan $A_{s,hesap}$=599 mm^2

Seçilen donatı: 3Φ16 ($A_{s,seçilen}$=603 mm^2)

Mesnet donatısı: M_{sol}=-99,69 kNm $M_{sağ}$=-226,29 kNm

$$A_{s,sol} = \frac{M_d}{f_{yd}(d - 0{,}5h_f)} = \left(\frac{99{,}69}{365217(0{,}66 - 0{,}5 \times 0{,}15)}\right) \times 10^6 = 467\ mm^2$$

A_s=467 mm^2 <$A_{s,min}$=599 mm^2 olduğundan $A_{s,hesap}$=599 mm^2

$$A_{s,sağ} = \frac{M_d}{f_{yd}(d - 0{,}5h_f)} = \left(\frac{226{,}29}{365217(0{,}66 - 0{,}5 \times 0{,}15)}\right) \times 10^6 = 1059\ mm^2$$

A_s=1059 mm^2 >$A_{s,min}$=599 mm^2 olduğundan $A_{s,hesap}$=1059 mm^2

Seçilen donatı: 4Φ20 ($A_{s,seçilen}$=1257 mm^2)

Mesnette ek donatı hesabı:

K601 Sol $A_{s,mevcut}$=1257 mm^2 $A_{s,gerekli}$=599 mm^2 Eke gerek yok.

K601 Sağ $A_{s,mevcut}$=1257 mm^2 $A_{s,gerekli}$=1059 mm^2 Eke gerek yok.

2-) Kesme Tasarımı:

Sarılma bölgesi: A_{sh}/s=0,70 mm^2/mm, A_{sh}=2×50=100 mm^2 (2 kollu Φ8)

$s=A_{sh}/0,70$ = 100/0,70= 143 mm

$s_k \leq 150$ mm; $h_k/4$=700/4=175 mm; $8\Phi_l$=8×16=128 mm

$s_{seçilen}$=125 mm

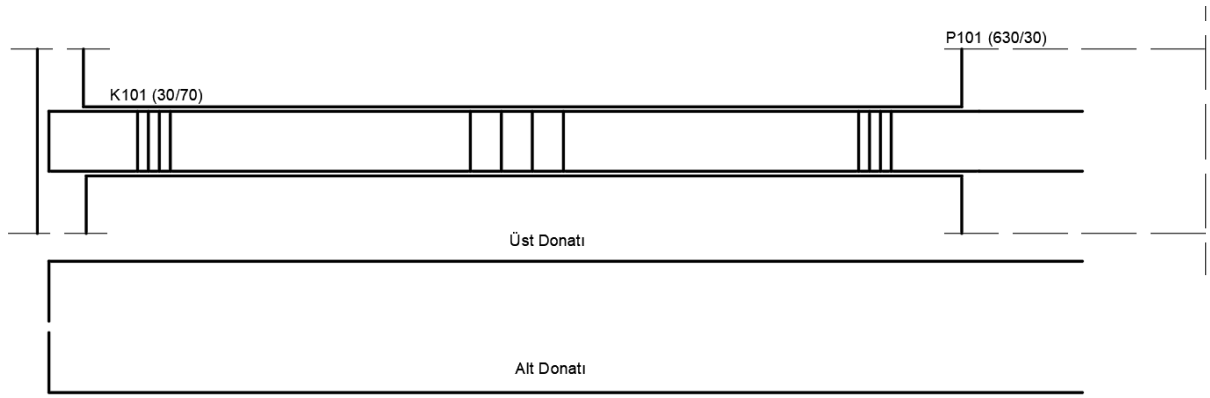
Etriye: Φ8/125

Sarılma bölgesi dışı: A_{sh}/s=0,39 mm^2/mm, A_{sh}=2×50=100 mm^2 (2 kollu Φ8)

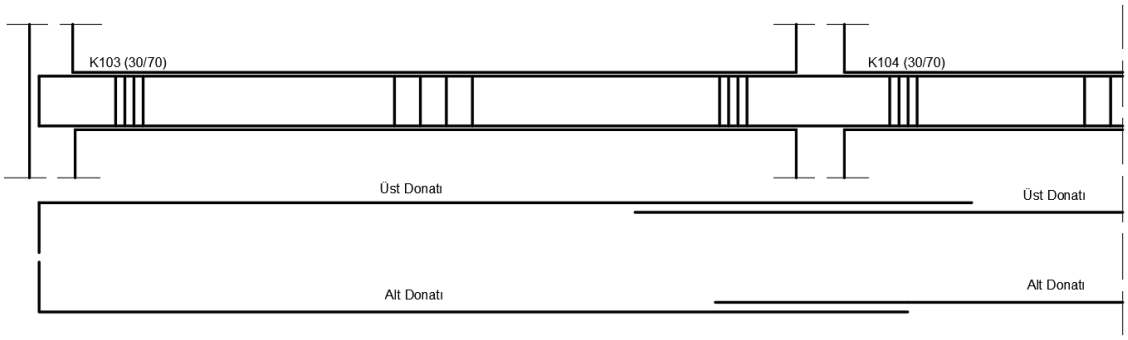
$s=A_{sh}/0,39$ = 100/0,39= 256 mm $s_{seçilen}$=255 mm

Etriye: Φ8/255

Sistemlerde bulunan bütün kirişlerin eğilme ve kesme tasarımı yukarıda gösterilen işlemler kullanılarak yapılmıştır. [4]



Şekil 4.2 8, 12 ve 16 Katlı Çubuk ve Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemler İçin K101 Kirişi Donatı Düzeni



Şekil 4.3 8, 12 ve 16 Katlı Çubuk ve Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemler İçin K103, K104 Kirişi Donatı Düzeni

Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilen iki tip kiriş donatı düzenine göre altı sistem için seçilen donatılar Tablo 4.9, Tablo 4.10, Tablo 4.11, Tablo 4.12, Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.9 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kiriş Donatıları

8 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM				
Kiriş No	**Kat**	**Alt Donatı**	**Üst Donatı**	**Etriye**
K101 Tipi	6-Zemin Kat	3Φ16	4Φ20	Φ8/125/255
	Bodrum Kat	3Φ16	3Φ16	Φ8/125/255
K103 Tipi	6-Bodrum Kat	3Φ20	4Φ25	Φ8/100/150
K104 Tipi	6-Bodrum Kat	3Φ16	3Φ16	Φ8/120/255

Tablo 4.10 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kiriş Donatıları

8 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM				
Kiriş No	**Kat**	**Alt Donatı**	**Üst Donatı**	**Etriye**
K101 Tipi	6-Zemin Kat	3Φ16	3Φ20	Φ8/125/255
	Bodrum Kat	3Φ16	3Φ16	Φ8/125/255
K103 Tipi	6-Bodrum Kat	4Φ20	4Φ20	Φ8/100/150
K104 Tipi	6-Bodrum Kat	3Φ16	3Φ16	Φ8/120/255

Tablo 4.11 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kiriş Donatıları

12 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM				
Kiriş No	**Kat**	**Alt Donatı**	**Üst Donatı**	**Etriye**
K101 Tipi	10-Zemin Kat	3Φ16	4Φ20	Φ8/125/145
	Bodrum Kat	3Φ16	3Φ16	Φ8/125/145
K103 Tipi	10-Bodrum Kat	3Φ20	4Φ25	Φ8/100/150
K104 Tipi	10-Bodrum Kat	3Φ16	3Φ16	Φ8/120/255

Tablo 4.12 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kiriş Donatıları

12 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM				
Kiriş No	**Kat**	**Alt Donatı**	**Üst Donatı**	**Etriye**
K101 Tipi	10-Zemin Kat	3Φ16	4Φ20	Φ8/125/255
	Bodrum Kat	3Φ16	3Φ16	Φ8/125/255
K103 Tipi	10-Bodrum Kat	4Φ20	5Φ20	Φ8/100/150
K104 Tipi	10-Bodrum Kat	3Φ16	3Φ16	Φ8/120/145

Tablo 4.13 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kiriş Donatıları

16 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM				
Kiriş No	**Kat**	**Alt Donatı**	**Üst Donatı**	**Etriye**
K101 Tipi	14-Zemin Kat	3Φ16	5Φ20	Φ8/115/140
	Bodrum Kat	3Φ16	3Φ16	Φ8/115/140
K103 Tipi	14-Bodrum Kat	3Φ20	4Φ25	Φ8/100/150
K104 Tipi	14-Bodrum Kat	3Φ16	3Φ16	Φ8/115/140

Tablo 4.14 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kiriş Donatıları

16 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM				
Kiriş No	**Kat**	**Alt Donatı**	**Üst Donatı**	**Etriye**
K101 Tipi	14-Zemin Kat	3Φ16	3Φ25	Φ8/115/140
	Bodrum Kat	3Φ16	3Φ16	Φ8/115/140
K103 Tipi	14-Bodrum Kat	4Φ20	5Φ20	Φ8/100/150
K104 Tipi	14-Bodrum Kat	3Φ16	3Φ16	Φ8/115/140

4.2.2 Kolon Donatıları

Betonarme hesabı yapılmış olan kolonların N eksenel kuvvet, M_x ve M_y eğilme momenti değerleri 1.4G+1.6Q, G+Q ve depremli yük birleştirmelerinden elverişsiz olanına göre seçilmiş ve donatı hesabı yapılmıştır. [7] Altı sistemde kolonların eğilme ve kesme tasarımı yapılmış, benzer kolonlar için tipleştirme yapılmıştır. Sistemlerde simetriden yararlanarak S101, S102, S107, S108 kolonları S101 tipi kolon ve S103, S104, S105, S106 kolonları S103 tipi kolon olarak belirlenmiştir. Seçilen boyuna donatılar, etriyeler Tablo 4.15, Tablo 4.16, Tablo 4.17, Tablo 4.18, Tablo 4.19, Tablo 4.20 ve kolon donatı düzeni Şekil 4.4'te verilmiştir. Örnek olarak 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin S601 kolonunun betonarme kesit hesabı gösterilmiştir.

S601 Kolonu Betonarme Kesit Hesabı:

1- Eğilme Tasarımı:

b=0,45 m, h=0,45 m, ρ_{min}=0,01, ρ_{max}=0,04

$A_{s,min} = \rho_{min} bh = 0{,}01 \times 450 \times 450 = 2025\ mm^2$

$A_{s,max} = \rho_{max} bh = 0{,}04 \times 450 \times 450 = 8100\ mm^2$

Elverişsiz yükleme: P_d

N= 193,34 kN, M_x=171,59 kNm, M_y=171,59 kNm

Kesit boyutları, kesit etkileri ve donatı düzeni seçilerek gerekli olan donatı alanı hesaplanmıştır. $A_{s,hesap}$=3150 mm^2

$A_{s,max}$=8100 mm^2 >A_s=3150 mm^2 >$A_{s,min}$=2025 mm^2 olduğundan $A_{s,hesap}$=3150 mm^2

Seçilen donatı: 8Φ25 ($A_{s,seçilen}$=3937 mm^2)

2- Kesme Tasarımı:

Sarılma bölgesi dışı: A_{sh}/s=0,59 mm^2/mm, A_{sh}=2×(50+50×cos45)=171 mm^2

s=A_{sh}/0,59 = 171/0,59= 291 mm s_0≤200 mm; b_{min}/2=450/2=225 mm

$s_{seçilen}$=200 mm Etriye: Φ8/200

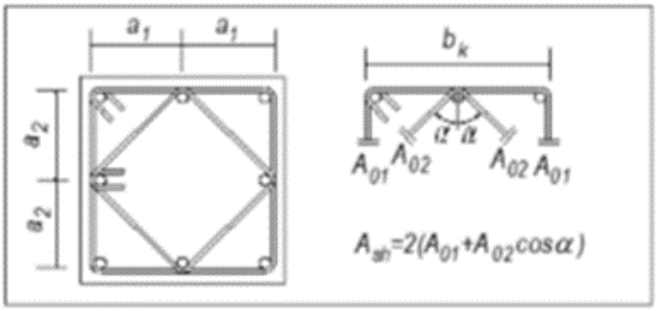
Sarılma bölgesi: A_{sh}/s=0,59 mm^2/mm, A_{sh}=2×(50+50×cos45)=171 mm^2

s=A_{sh}/0,59 = 171/0,59= 291 mm

s_c ≥ 50 mm; s_c≤150 mm; b_{min}/3=450/3=150 mm; 6Φ_l=6×25=150 mm

$s_{seçilen}$=100 mm Etriye: Φ8/100

Sistemlerde bulunan bütün kolonların eğilme ve kesme tasarımı yukarıda gösterilen hesaba göre yapılmıştır. [4]



Şekil 4.4 Kolon Donatı Düzeni

Tablo 4.15 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kolon Donatıları

8 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM				
Kolon No	**Kat**	**Kolon Boyutları (cm)**	**Boyuna Donatı**	**Etriye (mm)**
S101 Tipi	6.Normal Kat	45×45	8Φ25	Φ8/100/200
	5-4.Normal Kat	45×45	8Φ20	Φ8/100/200
	3-1.Normal Kat	50×50	8Φ20	Φ8/100/200
	Zemin-Bodrum Kat	55×55	8Φ25	Φ8/100/200
S103 Tipi	6-Bodrum Kat	55×55	8Φ25	Φ8/100/200

Tablo 4.16 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kolon Donatıları

8 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM				
Kolon No	**Kat**	**Kolon Boyutları (cm)**	**Boyuna Donatı**	**Etriye (mm)**
S101 Tipi	6.Normal Kat	45×45	8Φ28	Φ8/100/200
	5-4.Normal Kat	45×45	8Φ20	Φ8/100/200
	3-1.Normal Kat	50×50	8Φ20	Φ8/100/200
	Zemin-Bodrum Kat	55×55	8Φ25	Φ8/100/200
S103 Tipi	6-Bodrum Kat	55×55	8Φ25	Φ8/100/200

Tablo 4.17 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kolon Donatıları

12 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM				
Kolon No	**Kat**	**Kolon Boyutları (cm)**	**Boyuna Donatı**	**Etriye (mm)**
S101 Tipi	10.Normal Kat	50×50	8Φ25	Φ8/100/200
	9-7.Normal Kat	50×50	8Φ20	Φ8/100/200
	6-3.Normal Kat	55×55	8Φ25	Φ8/100/200
	2-Bodrum Kat	60×60	8Φ25	Φ8/100/200
S103 Tipi	10-7.Normal Kat	55×55	8Φ25	Φ8/100/200
	6-4.Normal Kat	60×60	8Φ25	Φ8/100/200
	3-2.Normal Kat	65×65	8Φ26	Φ8/100/200
	1- Bodrum Kat	70×70	8Φ28	Φ8/100/185

Tablo 4.18 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kolon Donatıları

12 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM				
Kolon No	**Kat**	**Kolon Boyutları (cm)**	**Boyuna Donatı**	**Etriye (mm)**
S101 Tipi	10.Normal Kat	50×50	8Φ28	Φ8/100/200
	9-7.Normal Kat	50×50	8Φ20	Φ8/100/200
	6-3.Normal Kat	55×55	8Φ25	Φ8/100/200
	2-Bodrum Kat	60×60	8Φ25	Φ8/100/200
S103 Tipi	10-7.Normal Kat	55×55	8Φ25	Φ8/100/200
	6-4.Normal Kat	60×60	8Φ25	Φ8/100/200
	3-2.Normal Kat	65×65	8Φ26	Φ8/100/200
	1- Bodrum Kat	70×70	8Φ28	Φ8/100/185

Tablo 4.19 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kolon Donatıları

16 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM				
Kolon No	**Kat**	**Kolon Boyutları (cm)**	**Boyuna Donatı**	**Etriye (mm)**
S101 Tipi	14.Normal Kat	50×50	8Φ25	Φ8/100/200
	13-11.Normal Kat	50×50	8Φ20	Φ8/100/200
	10-7.Normal Kat	55×55	8Φ25	Φ8/100/200
	6-3.Normal Kat	60×60	8Φ25	Φ8/100/200
	2-Bodrum Kat	65×65	8Φ26	Φ8/100/200
S103 Tipi	14-11.Normal Kat	55×55	8Φ25	Φ8/100/200
	10-7.Normal Kat	60×60	8Φ25	Φ8/100/200
	6-3.Normal Kat	65×65	8Φ26	Φ8/100/200
	2- Zemin Kat	70×70	8Φ28	Φ8/100/185
	Bodrum Kat	70×70	12Φ28	Φ8/100/185

Tablo 4.20 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Kolon Donatıları

16 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM				
Kolon No	**Kat**	**Kolon Boyutları (cm)**	**Boyuna Donatı**	**Etriye (mm)**
S101 Tipi	14.Normal Kat	50×50	8Φ28	Φ8/100/200
	13-11.Normal Kat	50×50	8Φ20	Φ8/100/200
	10-7.Normal Kat	55×55	8Φ25	Φ8/100/200
	6-3.Normal Kat	60×60	8Φ25	Φ8/100/200
	2-Bodrum Kat	65×65	8Φ26	Φ8/100/200
S103 Tipi	14-11.Normal Kat	55×55	8Φ25	Φ8/100/200
	10-7.Normal Kat	60×60	8Φ25	Φ8/100/200
	6-4.Normal Kat	65×65	8Φ26	Φ8/100/200
	3.Normal Kat	65×65	12Φ26	Φ8/100/200
	2-Bodrum Kat	70×70	12Φ28	Φ8/100/185

4.2.3 Perde Donatıları

Kat perdelerine ait kesit etkileri (P, V_x, V_y, M_x, M_y) bütün yüklemelerinin elverişsiz durumu ile elde edilmiştir. [7] Elde edilen bu değerlere göre altı sistemde perdelerin eğilme ve kesme tasarımı yapılmış, benzer perdeler için tipleştirme yapılmıştır. Sistemlerde simetriden yararlanarak P101, P102, P103, P104 perdeleri P101 tipi perde olarak belirlenmiştir. Altı sistemde de en büyük etkiler zemin kat tabanında oluştuğu için perdelerde kritik boy bodrum tavanı üzerinden belirlenmiştir. Kritik perde yüksekliği üç farklı bina yüksekliğindeki sistemler için $2l_w \geq H_{cr} \geq \max(l_w; H_w/6)$ denklemiyle belirlenmiştir.

8 Katlı Sistemler İçin:

$$2 \times 6{,}3\ m\ \geq H_{cr}\ \geq \max\left(6{,}3\ m\ ; \frac{22{,}4}{6} m = 6{,}3\ m\right)$$

12 Katlı Sistemler İçin:

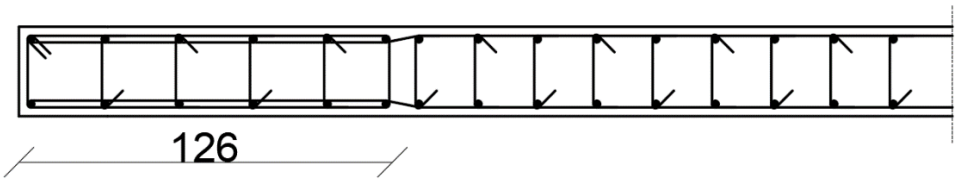
$$2 \times 6{,}3\ m\ \geq H_{cr}\ \geq \max\left(6{,}3\ m\ ; \frac{35{,}2}{6} m = 6{,}3\ m\right)$$

16 Katlı Sistemler İçin:

$$2 \times 6{,}3\ m\ \geq H_{cr}\ \geq \max\left(6{,}3\ m\ ; \frac{48}{6} m = 8\ m\right)$$

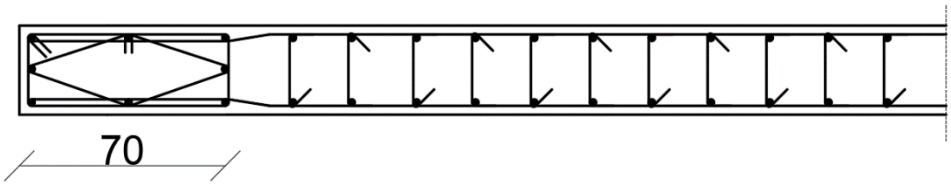
Altı sistem için de kritik perde yüksekliği H_{cr}=9,6 m seçilmiştir. Sistemlerde bodrum kat, zemin kat, birinci ve ikinci normal katlarda kritik perde etkili olmuştur. Kritik perde yüksekliği boyunca etkili olan perdelerin uç bölge mesafesi $L_{uç,min}$=max(0,2l_w;2b_w) denklemiyle belirlenmiştir.

$L_{uç,min}$=max(0,2l_w;2b_w)=max(0,2×6,3; 2×0,3)=max(1,26; 0,60)=1,26 m seçilmiştir. Kritik perde yüksekliği boyunca etkili olan perde donatısı düzeni Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.5 Kritik Perde Yüksekliği Boyunca Etkili Olan Perde Donatı Düzeni

Kritik perde yüksekliği dışındaki perdelerde uç bölge mesafesi $L_{uç,min}$=max(0,1l_w;b_w)=max(0,1×6,3; 0,3)=max(0,63; 0,30)=0,70 m seçilmiştir. Kritik perde yüksekliği dışında etkili olan perde donatısı düzeni Şekil 4.6'da verilmiştir. [10]



Şekil 4.6 Kritik Perde Yüksekliği Dışında Etkili Olan Perde Donatı Düzeni

Altı sistem için benzetilen P101 perde donatı düzenleri yukarıda verilmiş, seçilen donatılar Tablo 4.21, Tablo 4.22, Tablo 4.23, Tablo 4.24, Tablo 4.25 ve Tablo 4.26'da verilmiştir. Örnek olarak 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin P601 perdesinin betonarme kesit hesabı gösterilmiştir. P601 perdesi kritik perde yüksekliği dışında kaldığı için hesabı ona göre yapılmıştır.

P601 Perdesi Betonarme Kesit Hesabı:

1- Eğilme Tasarımı:

Elverişsiz yükleme: P= 848,41 kN, V_x=141,37 kN, V_3=175,71 kN M_x=250,43 kNm, M_y=428,10 kNm

b=6,30 m, h=0,30 m

Normal kuvvet kontrolü: $N_{r,max} = 0{,}35A_c f_{ck} = \frac{0{,}35\times6300\times300\times35}{1000} = 23152{,}5\ kN$

P=848,41 kN <$N_{r,max}$=23152,5 kN kontrol sağlandı.

Kritik perde yüksekliği dışında ρ_{min}=0,001

$$A_{s,min} = \rho_{min} bh = 0{,}001 \times 6300 \times 300 = 1890\ mm^2$$

Kesit boyutları, kesit etkileri ve donatı düzeni seçilerek gerekli olan donatı alanı hesaplanmıştır. $A_{s,hesap}$=3280 mm^2

A_s=3280 mm^2 >$A_{s,min}$=1890 mm^2 olduğundan $A_{s,hesap}$=3280 mm^2

Seçilen donatı: 8Φ25 ($A_{s,seçilen}$=3937 mm^2)

$$\rho_{mt} = \frac{A_{s,seçilen} \times f_{yd}}{0{,}85bhf_{cd}} = \frac{39{,}37 \times 365 \times 100}{0{,}85 \times 6300 \times 300 \times 23{,}33} = 0{,}038$$

$$n = \frac{N}{0{,}85bhf_{cd}} = \frac{848{,}41 \times 1000}{0{,}85 \times 6300 \times 300 \times 23{,}33} = 0{,}02$$

$$m = \frac{\max(M_x; M_y)}{0{,}85bh^2 f_{cd}} = \frac{428{,}10 \times 10^6}{0{,}85 \times 6300 \times 300^2 \times 23{,}33} = 0{,}04$$

$$m_{As,seçilen} = \frac{\rho_{mt} - 1{,}44n^2 + 1{,}29n}{2{,}49} = \frac{0{,}038 - 1{,}44 \times 0{,}02^2 + 1{,}29 \times 0{,}02}{2{,}49} = 0{,}027$$

$$M_r = m_{As,seçilen} bh^2 f_{cd} = \frac{0{,}027 \times 6300 \times 300^2 \times 23{,}33}{10^6}$$
$$= 6327{,}80\ kNm\ (Koyulan\ donatı\ kapasitesi)$$

2- Düşey Gövde Donatısı ve Enine Donatı Seçimi:

$$A_{sgövde,min} = \frac{\rho_{min}}{2}\text{bh} = 0.0025/2 \times 1000 \times 300$$
$$= 375\ mm^2/m\ (1\ m\ uzunluk\ için\ gerekli\ olan)$$

Seçilen düşey gövde donatısı Φ10/200=393 mm^2/m ≥ $A_{sgövde,min}$

Enine donatı:

V_d=max(V_x;V_y)=max(141,37;175,71)=175,71 kN

$$V_e = \beta_v \frac{M_{pt}}{M_{dt}} V_d = 1{,}5 \times \frac{6327{,}80}{428{,}10} \times 175{,}71 = 3895{,}84\ kN$$

$$V_e = 3895{,}84\ kN \ \leq 0{,}85 A_{ch}\sqrt{f_{ck}} = 0{,}85 \times 6300 \times 300 \times \sqrt{35} = 9504{,}18\ kN$$

(Boşluksuz perdeler)

$$V_r = A_{ch}\left(0{,}65 f_{ctd} + \rho_{sh} \times f_{ywd}\right) \ \rho_{sh} = \frac{\frac{V_r}{A_{ch}} - 0{,}65 f_{ctd}}{f_{ywd}} = \frac{\frac{3895{,}84 \times 1000}{6300 \times 300} - 0{,}65 \times 1{,}35}{365} = 0{,}0032$$

$\rho_{sh,min}$=0,0025 $\rho_{sh,seçilen}$=0,0032

$$s = \frac{2 \times 113}{\rho_{sh,seçilen} h} = \frac{2 \times 113}{0{,}0032 \times 300} = 232\ mm$$

Seçilen yatay gövde donatısı: Φ12/190

Etriye aralığı seçimi:

$$50 \leq s \leq 150\ mm\ ;\ s \leq \frac{bw}{2} = \frac{300}{2} = 150\ mm$$ $s_{seçilen}$=100 mm

$$A_{sh} \geq 0{,}0075 \frac{2}{3} s b_k \left(\frac{f_{ck}}{f_{ywk}}\right) = 0{,}0075 \times \frac{2}{3} \times 100 \times \left(300 - 2 \times \frac{25}{2} + 12\right) \times \frac{35}{420}$$
$$= 10{,}46\ mm^2$$

Seçilen başlık bölgesi etriye: Φ10/100 Çiroz: Φ10/100 [4]

Tablo 4.21 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Perde Donatıları

8 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM						
Perde No	**Kat**	**Uç Bölge Donatısı**	**Gövde Düşey Donatı**	**Yatay Gövde Donatısı**	**Uç Bölge Etriye**	**Çiroz**
P101 Tipi	6-5.Normal Kat	8Φ25	Φ10/200	Φ12/170	Φ10/100	Φ10/100
	4-3.Normal Kat	8Φ20	Φ10/200	Φ12/190	Φ10/100	Φ10/100
	2-Bodrum Kat	12Φ20	Φ10/200	Φ12/190	Φ10/100	Φ10/100

Tablo 4.22 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Perde Donatıları

8 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM						
Perde No	**Kat**	**Uç Bölge Donatısı**	**Gövde Düşey Donatı**	**Yatay Gövde Donatısı**	**Uç Bölge Etriye**	**Çiroz**
P101 Tipi	6.Normal Kat	8Φ25	Φ10/200	Φ12/190	Φ10/100	Φ10/100
	5-3.Normal Kat	8Φ20	Φ10/200	Φ12/190	Φ10/100	Φ10/100
	2-Bodrum Kat	12Φ20	Φ10/200	Φ12/190	Φ10/100	Φ10/100

Tablo 4.23 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Perde Donatıları

12 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM						
Perde No	**Kat**	**Uç Bölge Donatısı**	**Gövde Düşey Donatı**	**Yatay Gövde Donatısı**	**Uç Bölge Etriye**	**Çiroz**
P101 Tipi	10-9.Normal Kat	8Φ28	Φ10/200	Φ12/130	Φ10/100	Φ10/100
	8.Normal Kat	8Φ25	Φ10/200	Φ12/190	Φ10/100	Φ10/100
	7-3.Normal Kat	8Φ20	Φ10/200	Φ12/190	Φ10/100	Φ10/100
	2-Bodrum Kat	12Φ20	Φ10/200	Φ12/170	Φ10/100	Φ10/100

Tablo 4.24 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Perde Donatıları

12 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM						
Perde No	**Kat**	**Uç Bölge Donatısı**	**Gövde Düşey Donatı**	**Yatay Gövde Donatısı**	**Uç Bölge Etriye**	**Çiroz**
P101 Tipi	10.Normal Kat	8Φ25	Φ10/200	Φ12/190	Φ10/100	Φ10/100
	9-3.Normal Kat	8Φ20	Φ10/200	Φ12/190	Φ10/100	Φ10/100
	2-Bodrum Kat	12Φ20	Φ10/200	Φ12/165	Φ10/100	Φ10/100

Tablo 4.25 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Perde Donatıları

16 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM						
Perde No	**Kat**	**Uç Bölge Donatısı**	**Gövde Düşey Donatı**	**Yatay Gövde Donatısı**	**Uç Bölge Etriye**	**Çiroz**
P101 Tipi	14-13.Normal Kat	8Φ28	Φ10/200	Φ12/160	Φ10/100	Φ10/100
	12.Normal Kat	8Φ26	Φ10/200	Φ12/190	Φ10/100	Φ10/100
	11-3.Normal Kat	8Φ20	Φ10/200	Φ12/145	Φ10/100	Φ10/100
	2-Bodrum Kat	12Φ20	Φ10/200	Φ12/165	Φ10/100	Φ10/100

Tablo 4.26 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Perde Donatıları

16 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM						
Perde No	**Kat**	**Uç Bölge Donatısı**	**Gövde Düşey Donatı**	**Yatay Gövde Donatısı**	**Uç Bölge Etriye**	**Çiroz**
P101 Tipi	14.Normal Kat	8Φ26	Φ10/200	Φ12/190	Φ10/100	Φ10/100
	13-3.Normal Kat	8Φ20	Φ10/200	Φ12/155	Φ10/100	Φ10/100
	2-Bodrum Kat	12Φ20	Φ10/200	Φ12/155	Φ10/100	Φ10/100

4.2.4 Bodrum Perdesi Donatıları

Bodrum perdeleri deprem etkisi altında düzlem içi kuvvetler ve zemin etkisinde döşeme gibi çalışır. Bu yüzden deprem perdelerindeki gibi uç bölgesine ihtiyaç duyulmaz. Bodrum perdelerinde moment yerine düzlem içi kuvvetler göz önüne alınır. Bunlar iki doğrultuda (yatay ve düşey) F_{11} ve F_{22} birim boy düzlem içi kuvvetleridir. Altı sistemde oluşan düzlem içi kuvvetler Tablo 4.27'de verilmiştir. Bu değerler çekme ise, gerekli donatı alanı ilgili doğrultularda $A_{S,11}=F_{11}/f_{yd}$ (m^2/m) ve $A_{S,22}=F_{22}/f_{yd}$ (m^2/m) olarak bulunur. Eğer basınç ise, beton gerilmesi değerleri $\sigma_{11}=F_{11}/h<<f_{cd}$ (kN/m^2) ve $\sigma_{22}=F_{22}/h<<f_{cd}$ (kN/m^2) kontrolü yapılmalıdır. Ancak bir katlı bodrumda etkiler düşük olacağı için minimum şartlar etkili olacaktır. Her iki doğrultuda (düşey ve yatay) konulacak donatının ayrı ayrı 0,0025 oranını sağlaması gerekir. Yapılan hesaplarda da minimum donatı koyularak çekme kontrolü incelenmiş, sağlanmayan yerlerde donatı değiştirilmiştir. Minimum donatı h=200 mm için $A_{S,min}=0{,}0025\times200\times1000$ =500 (mm^2/m)'dir. $f_{cd}=23330$ kN/m^2 ve $f_{yd}=365000$ kN/m^2 değerleriyle kontroller yapılmış ve donatılar seçilmiştir. Simetriden yararlanarak B101-B102-B103-B104-B105-B106-B107-B108 bodrum perdeleri B101 tipi bodrum perdesi olarak belirlenmiştir. Altı sistem için benzetilen B101 bodrum perdesi için seçilen düşey ve yatay donatıları Tablo 4.28, Tablo 4.29, Tablo 4.30, Tablo 4.31, Tablo 4.32 ve Tablo 4.33'de verilmiştir. [4]

Tablo 4.27 Altı Sistemde Oluşan Düzlem İçi Kuvvet Değerleri

B101,B102,B103,B104, B105,B106,B107,B108		F_{11} (kN/m)	F_{22} (kN/m)
8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Min	-394,6	-1417,56
	Max	162,29	255,89
8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Min	-242,89	-1214,44
	Max	46,01	82,6
12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Min	-570,45	-2138,62
	Max	210,8	340,37
12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Min	-350,45	-1752,27
	Max	60,4	80,5
16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Min	-810,65	-3062,2
	Max	316,82	593,07
16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Min	-501,36	-2506,8
	Max	96,07	279,4

Tablo 4.28 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Bodrum Perdesi Donatıları

8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem													
Basınç Kontrolü				Kontrol	Çekme Kontrolü		$A_{s,min}$ (mm^2/m)	Donatı	A_s (mm^2)	$\sum A_s$ (mm^2)	Kontrol	Seçilen Donatı	
σ_{11} (kN/m^2)=	1973,00	<<	23330	Sağlandı	$A_{s,11}$ (mm^2/m)=	444,63	500,00	Φ12/200	565	1130	Sağladı	1-1 Yönü	Φ12/200
σ_{22} (kN/m^2)=	7087,80	<<	23330	Sağlandı	$A_{s,22}$ (mm^2/m)=	701,07					Sağladı	2-2 Yönü	Φ12/200

Tablo 4.29 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Bodrum Perdesi Donatıları

8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem													
Basınç Kontrolü				Kontrol	Çekme Kontrolü		$A_{s,min}$ (mm^2/m)	Donatı	A_s (mm^2)	$\sum A_s$ (mm^2)	Kontrol	Seçilen Donatı	
σ_{11} (kN/m^2)=	1214,45	<<	23330	Sağlandı	$A_{s,11}$ (mm^2/m)=	126,05	500,00	Φ12/200	565	1130	Sağladı	1-1 Yönü	Φ12/200
σ_{22} (kN/m^2)=	6072,20	<<	23330	Sağlandı	$A_{s,22}$ (mm^2/m)=	226,30					Sağladı	2-2 Yönü	Φ12/200

Tablo 4.30 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Bodrum Perdesi Donatıları

12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem													
Basınç Kontrolü				Kontrol	Çekme Kontrolü		$A_{s,min}$ (mm^2/m)	Donatı	A_s (mm^2)	$\sum A_s$ (mm^2)	Kontrol	Seçilen Donatı	
σ_{11} (kN/m^2)=	2852,25	<<	23330	Sağlandı	$A_{s,11}$ (mm^2/m)=	577,53	500,00	Φ12/200	565	1130	Sağladı	1-1 Yönü	Φ12/200
σ_{22} (kN/m^2)=	10693,10	<<	23330	Sağlandı	$A_{s,22}$ (mm^2/m)=	932,52					Sağladı	2-2 Yönü	Φ12/200

Tablo 4.31 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Bodrum Perdesi Donatıları

12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem													
Basınç Kontrolü				Kontrol	Çekme Kontrolü		$A_{s,min}$ (mm^2/m)	Donatı	A_s (mm^2)	$\sum A_s$ (mm^2)	Kontrol	Seçilen Donatı	
σ_{11} (kN/m^2)=	1752,25	<<	23330	Sağlandı	$A_{s,11}$ (mm^2/m)=	165,48	500,00	Φ12/200	565	1130	Sağladı	1-1 Yönü	Φ12/200
σ_{22} (kN/m^2)=	8761,35	<<	23330	Sağlandı	$A_{s,22}$ (mm^2/m)=	220,55					Sağladı	2-2 Yönü	Φ12/200

Tablo 4.32 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Bodrum Perdesi Donatıları

16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem																				
Basınç Kontrolü				Kontrol	Çekme Kontrolü		$A_{S,min}$ (mm^2/m)	Donatı	A_S (mm^2)	$\sum A_S$ (mm^2)	Kontrol	Yeni Donatı	A_S (mm^2)	$\sum A_S$ (mm^2)	Kontrol	Seçilen Donatı	
σ_{11} (kN/m^2)=	4053,25	<<	23330	Sağlandı	$A_{S,11}$ (mm^2/m)=	868,00	500,00	Φ12/200	565	1130	Sağladı	-	-	-	-	**1-1 Yönü**	**Φ12/200**
σ_{22} (kN/m^2)=	15311,00	<<	23330	Sağlandı	$A_{S,22}$ (mm^2/m)=	1624,85					Sağlamadı	Φ12/100	1131	2262	Sağladı	**2-2 Yönü**	**Φ12/100**

Tablo 4.33 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem İçin Seçilen Bodrum Perdesi Donatıları

16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem													
Basınç Kontrolü				Kontrol	Çekme Kontrolü		$A_{S,min}$ (mm^2/m)	Donatı	A_S (mm^2)	$\sum A_S$ (mm^2)	Kontrol	Seçilen Donatı	
σ_{11} (kN/m^2)=	2506,80	<<	23330	Sağlandı	$A_{S,11}$ (mm^2/m)=	263,21	500,00	Φ12/200	565	1130	Sağladı	**1-1 Yönü**	**Φ12/200**
σ_{22} (kN/m^2)=	12534,00	<<	23330	Sağlandı	$A_{S,22}$ (mm^2/m)=	765,48					Sağladı	**2-2 Yönü**	**Φ12/200**

BEŞİNCİ BÖLÜM

5 BİNALARIN SERBEST TİTREŞİM PERİYOTLARI

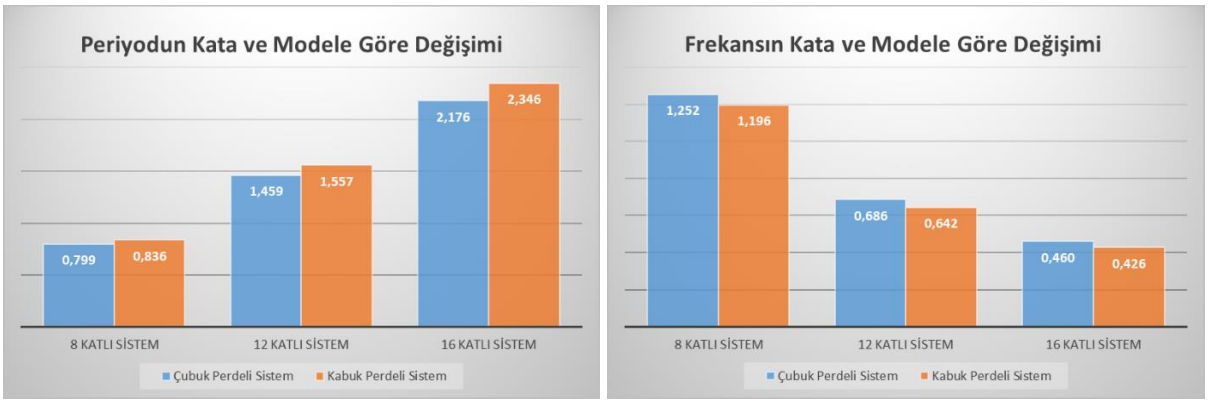
5.1 PERİYOT VE FREKANS DEĞERLERİNİN KAT ADEDİ VE MODELE BAĞLI DEĞİŞİMİ

Bu bölümde incelenen sistemlerin ilk üç titreşim modunun periyot ve frekans değerleri, sistemlerin kat adedi ve modelin farklılığına göre değişimi incelenmiştir.

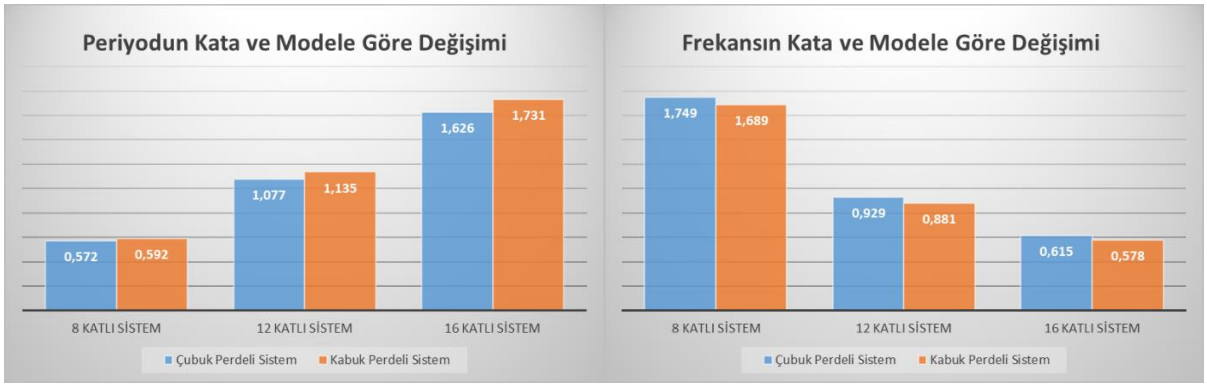
Bütün sistemler simetrik olduğu için 1. ve 2. Titreşim modunun periyot ve frekans değerleri X ve Y doğrultularında aynı gelmiştir. 3. Titreşim mod şekli burulma modu olarak gözlenmiş, periyot ve frekans değerleri elde edilmiş Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1 İlk 3 Titreşim Modu Periyot ve Frekans Değerleri

Sistem	Periyot (s)	Frekans (Hz)	Periyot (s)	Frekans (Hz)
	$T_{1,2}$	$f_{1,2}$	T_3	f_3
8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	0,799	1,252	0,572	1,749
8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	0,836	1,196	0,592	1,689
12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	1,459	0,686	1,077	0,929
12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	1,557	0,642	1,135	0,881
16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	2,176	0,460	1,626	0,615
16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	2,346	0,426	1,731	0,578



Şekil 5.1 1. ve 2. Titreşim Modu Periyot ve Frekans Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil 5.2 3. Titreşim Modu Periyot ve Frekans Değerlerinin Karşılaştırılması

Elde edilen sonuçlar beklendiği gibi, sistemlerde kat adedi arttıkça sistemin periyot değeri artmaktadır. Periyodun artmasına bağlı olarak, periyotla ters orantılı olan frekans değeri azalmaktadır. [12] Sistemlerin perdenin modeline bağlı olarak periyot değeri incelendiğinde, kabuk modelli perdeli sistemlerin çubuk modelli perdeli sistemlere göre periyot değerinin daha büyük olduğu görülür. [13] Periyot ile ters orantılı olan frekans değeri de azalmaktadır. Mod sayıları arttıkça sistemlerin periyot değeri azalırken, frekans değerleri artmaktadır. Sistemler arasında 1. Ve 2. titreşim modu için periyot artışı incelenmiş, değerleri Tablo 5.2 ve Tablo 5.3'te verilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Tablo 5.2 Kat Farkından Dolayı Sistemlerde Oluşan Periyot Artışı

Model	8-12	12-16	Artış 8-12 (%)	Artış 12-16 (%)
Çubuk Model	0,799-1,459	1,459-2,176	45,24	32,96
Kabuk Model	0,836-1,557	1,557-2,346	46,27	33,65

Tablo 5.3 Model Farkından Dolayı Sistemlerde Oluşan Periyot Artışı

Kat Adedi	Çubuk Model	Kabuk Model	Artış (%)
8	0,799	0,836	4,49
12	1,459	1,557	6,29
16	2,176	2,346	7,26

8 ve 12 katlı sistemler arasındaki periyot artışı iki model için de 4 katlık farkta %45,24-%46,27 iken, 12 ve 16 katlı sistemler arasındaki periyot artışı iki model için de 4 katlık farkta %32,96-%33,65'dur. Yüksek katlı sistemlerdeki periyot artışı, daha az katlı sistemlerdeki periyot artışından daha azdır. Aynı katlı sistemlerdeki perde modelinin farklı olması durumunda, yüksek katlı sistemlerde model farkından doğan periyot artışı daha az katlı sistemlere göre daha fazladır. Yani bina yükseldikçe sonuçlar arasındaki fark artar. [13]

5.2 DÖŞEME TİTREŞİMLERİNİ KALDIRMAK İÇİN YAPILAN KÜTLE TANIMI

Sistemlerin titreşimlerinde genel eğilme titreşimlerinin yanında döşemelerin de yatay deprem hareketi ile ilgili olmayan titreşimleri vardır. Bu bölümde bütün sistemlerdeki bu titreşimlerin ortadan kaldırılması için döşemenin ağırlığından ve döşemedeki yüklerden oluşan kütleleri döşemeden kaldırıp doğrudan kirişlere iletildi. Öncelikli olarak döşemelerden oluşacak olan ağırlık değeri $G_{doşeme}$= 0,15×25=3,75 kN/m^2 değeri döşemelere alan yükü olarak verildi. SAP2000 programında döşemelerin ağırlığının tekrar hesaplanmaması için döşemelere C35_doseme ağırlıksız kütlesiz, elastik malzeme tanımı yapıldı. Daha sonrasında bir katta bulunan sabit yük, hareketli yük ve döşeme ağırlığı etkisinde toplam ağırlık değeri bulundu. Bu değer bir katta bulunan kiriş düğüm noktası sayısına bölünerek her noktaya gelen ağırlık değeri hesaplandı. Bu değerin yer çekimi ivmesine (g=9,81m/s^2) bölünmesiyle bir noktaya gelen kütle değeri bulundu. Bulunan bu değer SAP2000 programında iki doğrultuda düğüm noktasına kütle olarak atandı. Böylece döşemelerde bulunan kütle değeri kirişlere iletildi. Bu yüzden SAP2000 programında kütle tanımı yapılırken sadece kirişlerin üzerindeki duvar yükü bir Scale Factor'ü ile tanımlandı. [1] Hesap adımları ayrıntılı olarak aşağıda gösterilmiştir.

Bir katta bulunan döşeme alanı: 22×22=484 m^2

Döşemelerde bulunan sabit yük değeri $g_{döş}$=1,64 kN/m^2

Döşemelerde bulunan hareketli yük değeri q=2 kN/m^2

Sabit yükten oluşan ağırlık değeri= 1,64×484=793,76 kN

Hareketli yükten oluşan ağırlık değeri= 2×484=968 kN

Döşeme ağırlığı G_{doseme}=0,15×25×484=1815 kN

Bir kattaki toplam ağırlık G+0,3Q=(793,76+1815)+0,3×968=2899,16 kN

Bir katta bulanan toplam kiriş düğüm noktası sayısı=148

Düğüm noktası ağırlığı=2899,16/148=19,589 kN/nokta

İki doğrultuda kiriş düğüm noktalarına verilecek kütle değeri=19,589/9,81=1,997 ton (kütle birim)

ALTINCI BÖLÜM

6 EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ

Bu bölümde Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde sistemin 1. mod şekli ve bütün kütlesi göz önüne alınarak, katın kütlesi ve yüksekliğiyle orantılı olarak deprem yükünün katlara dağıtılmasıyla taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmesi elde edilmiştir. Bu yöntem deprem etkisinin ve kat adedinin az olduğu (birinci modun etkili olduğu) binalarda kullanılır. [5] Sistemlerde herhangi bir düzensizlik söz konusu olmadığı için DTS=1 BYS≥4 için bu yönteme izin verilir. 8 Katlı Sistemlerde BYS=5; 12 Katlı Sistemlerde BYS=4; 16 Katlı Sistemlerde BYS=3'tür. Bu çalışmada bütün sistemler için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle SAP2000 programında yük durumları (Load Case) her iki doğrultuda E_x, E_y tanımlandı ve kütle dağılımının düzgün olmaması durumunu göz önüne almak için +0,05 ve -0,05'lik dış merkezlikler her iki doğrultuda da etkiyecek şekilde E_x(p), E_x(n), E_y(p), E_y(n) Load Case'leri oluşturuldu ve taban kesme kuvveti değeri bu yük durumlarından elverişsiz olanı seçildi. Sistemlerin üst katında belirlenen bir noktadaki yer değiştirme değerleri bu yük durumlarından en büyüğü olarak belirlenmiştir. Ayrı ayrı sistemler için katlara etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü Değerleri hesaplandı ve User Load olarak el ile girilmiştir. Elverişsiz yükleme için kombinasyonlar oluşturulmuş ve Zarf yüklemesiyle değerler okunmuştur. Sistem X ve Y doğrultularında simetrik olduğundan sonuçlar eşit çıktığı için bir doğrultu sonuçları verilmiştir. [12]

6.1 HESAP YÖNTEMİ

6.1.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin ağırlığı ve periyot değeri SAP2000 programından W=39803,68 kN (G+0,3Q); T_1=T_2= 0,799 s. hesaplanmıştır. Sistemin kütlesi ağırlığın yer çekimi ivmesine (g) bölünmesiyle elde edilmiştir. m_t=W/g=39803,68/9,81=4057,46 ton olarak bulunmuştur. Azaltılmış Eşdeğer Deprem Yükü $V_{tE}^{(X)}=m_t \times S_{aR}(T_x)$ (Azaltılmış Taban Kesme Kuvveti) formülüyle bulunmuş ve minimum şartı

koşulu $0{,}04 m_t I S_{DS} g$ formülü ile kontrol edilerek Azaltılmış Taban Kesme Kuvveti değeri elde edilmiştir.

$V_{tE}^{(X)} = m_t \times S_{aR}(T_x) \geq 0{,}04 m_t I S_{DS} g$

$$S_{ae}(T_x = 0{,}799) = \frac{S_{D1}}{T_x} = \frac{0{,}194}{0{,}799} \times 9{,}81 = 2{,}388\ m/s^2$$

$$S_{aR}(T_x = 0{,}799) = \frac{S_{ae}(T_x)}{R_a(T_x)} = \frac{2{,}388}{7} = 0{,}341\ m/s^2$$

$$V_{tE}^{(X)} = 4057{,}46 \times 0{,}341 = 1383{,}90\ kN$$

$V_{tE,min} = 0{,}04 m_t I S_{DS} g = 0{,}04 \times 4057{,}46 \times 1 \times 0{,}777 \times 9{,}81 = 1236{,}62$ kN

$V_{tE}^{(X)} = 1383{,}90$ kN > 1236,62 kN olduğundan $V_{tE}^{(X)} = 1383{,}90$ kN'dur.

Azaltılmamış $V_{tE}^{(X)} = 1383{,}90 \times 7 = 9687{,}31$ kN

$V_{tE}^{(X)} = 1383{,}90$ kN değeri katlara kütle ve yükseklikle orantılı olarak dağıtılmış, kuvvet değerleri SAP2000 programına girilerek tepe yer değiştirmesi okunmuştur. Taban Kesme Kuvveti azaltılmış olarak okunurken, tepe yer değiştirmesi değeri azaltılmamış olarak incelenmiştir. SAP2000'de tepe yer değiştirmesi için okunan değer azaltılmış değer olduğu için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ile çarpılarak (R=7) azaltılmamış değer elde edilmiştir. [12]

$u_{tepe} = 1{,}28$ cm (azaltılmış) $u_{tepe} = 7 \times 1{,}28 = 8{,}96$ cm (azaltılmamış)

$V_{tE}^{(X)} = m_t \times S_{aR}(T)$ formülüyle Taban Kesme Kuvveti 9687,31 kN yapılan tepe yer değiştirmesi $u_{tepe} = 8{,}96$ cm okunmuştur.

6.1.2 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin aynısı olup, bütün sistemlerde sadece hesap adımları gösterilmiştir. Ağırlık ve periyot değeri SAP2000 programından W=39803,68 kN (G+0,3Q); T1=T2= 0,836 s. hesaplanmıştır. Sistemin kütlesi ağırlığın yer çekimi ivmesine (g) bölünmesiyle elde edilmiştir. $m_t = W/g = 39803{,}68/9{,}81 = 4057{,}46$ ton olarak bulunmuştur.

$V_{tE}^{(X)} = m_t \times S_{aR}(T_x) \geq 0{,}04 m_t I S_{DS} g$

$$S_{ae}(T_x = 0{,}836) = \frac{S_{D1}}{T_x} = \frac{0{,}194}{0{,}836} \times 9{,}81 = 2{,}280\ m/s^2$$

$$S_{aR}(T_x = 0{,}836) = \frac{S_{ae}(T_x)}{R_a(T_x)} = \frac{2{,}280}{7} = 0{,}326\ m/s^2$$

$$V_{tE}^{(X)} = 4057{,}46 \times 0{,}326 = 1321{,}70\ kN$$

$V_{tE,min}$=0,04m_tIS_{DS}g = 0,04×4057,46×1×0,777×9,81=1236,62 kN

$V_{tE}^{(X)}$ =1321,70 kN > 1236,62 kN olduğundan $V_{tE}^{(X)}$=1321,70 kN'dur.

Azaltılmamış $V_{tE}^{(X)}$= 1321,70×7=9251,92 kN

u_{tepe}=1,35 cm (azaltılmış) u_{tepe}=7×1,35=9,45 cm (azaltılmamış)

$V_{tE}^{(X)}$=m_t×S_{aR}(T) formülüyle Taban Kesme Kuvveti 9251,92 kN yapılan tepe yer değiştirmesi u_{tepe}= 9,45 cm okunmuştur.

6.1.3 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

Ağırlık ve periyot değeri SAP2000 programından W=59959,52 kN (G+0,3Q) ; T1=T2= 1,459 s. okunmuştur. Sistemin kütlesi ağırlığın yer çekimi ivmesine (g) bölünmesiyle elde edilmiştir. m_t=W/g=59959,52/9,81=6112,08 ton olarak hesaplanmıştır.

$V_{tE}^{(X)}$ = m_t×S_{aR}(T_x) ≥ 0,04m_tIS_{DS}g

$$S_{ae}(T_x = 1{,}459) = \frac{S_{D1}}{T_x} = \frac{0{,}194}{1{,}459} \times 9{,}81 = 1{,}307\ m/s^2$$

$$S_{aR}(T_x = 1{,}459) = \frac{S_{ae}(T_x)}{R_a(T_x)} = \frac{1{,}307}{7} = 0{,}187\ m/s^2$$

$$V_{tE}^{(X)} = 6112{,}08 \times 0{,}187 = 1141{,}55\ kN$$

$V_{tE,min}$=0,04m_tIS_{DS}g = 0,04×6112,08×1×0,777×9,81=1862,82 kN

$V_{tE}^{(X)}$ =1141,55 kN < 1862,82 kN olduğundan $V_{tE}^{(X)}$=1862,82 kN'dur.

Azaltılmamış $V_{tE}^{(X)}$= 1862,82×7=13039,76 kN

u_{tepe}=3,89 cm (azaltılmış) u_{tepe}=7×3,89=27,23 cm (azaltılmamış)

$V_{tE}^{(X)}$=m_t×S_{aR}(T) formülüyle Taban Kesme Kuvveti 7990,83 kN yapılan tepe yer

değiştirmesi u_{tepe}= 16,66 cm okunmuştur. Ancak TBDY Denk. (4.19) gereği minimum koşul sağlanmadığından yeni $V_{tE}^{(X)}$= $V_{tE,min}$ seçilmiştir ve azaltılmamış değerler 13039,76 kN, u_{tepe}=27,23 cm olarak okunmuştur.

6.1.4 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

Ağırlık ve periyot değeri SAP2000 programından W=59959,52 kN (G+0,3Q); T1=T2= 1,557 s. okunmuştur. Sistemin kütlesi ağırlığın yer çekimi ivmesine (g) bölünmesiyle elde edilmiştir. m_t=W/g=59959,52/9,81=6112,08 ton olarak hesaplanmıştır.

$V_{tE}^{(X)} = m_t \times S_{aR}(T_x) \geq 0{,}04 m_t I S_{DS} g$

$$S_{ae}(T_x = 1{,}557) = \frac{S_{D1}}{T_x} = \frac{0{,}194}{1{,}557} \times 9{,}81 = 1{,}225\ m/s^2$$

$$S_{aR}(T_x = 1{,}557) = \frac{S_{ae}(T_x)}{R_a(T_x)} = \frac{1{,}225}{7} = 0{,}175\ m/s^2$$

$$V_{tE}^{(X)} = 6112{,}08 \times 0{,}175 = 1069{,}72\ kN$$

$V_{tE,min}$=0,04$m_t I S_{DS} g$ = 0,04×6112,08×1×0,777×9,81=1862,82 kN

$V_{tE}^{(X)}$ =1069,72 kN < 1862,82 kN olduğundan $V_{tE}^{(X)}$=1862,82 kN'dur.

Azaltılmamış $V_{tE}^{(X)}$= 1862,80×7=13039,76 kN

u_{tepe}=4,48 cm (azaltılmış) u_{tepe}=7×4,48=31,36 cm (azaltılmamış)

$V_{tE}^{(X)}$=$m_t \times S_{aR}(T)$ formülüyle Taban Kesme Kuvveti 7488,07 kN yapılan tepe yer değiştirmesi u_{tepe}= 17,99 cm okunmuştur. Ancak TBDY Denk. (4.19) gereği minimum koşul sağlanmadığından yeni $V_{tE}^{(X)}$= $V_{tE,min}$ seçilmiştir ve azaltılmamış değerler 13039,76 kN, u_{tepe}=31,36 cm olarak okunmuştur.

6.1.5 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

Ağırlık ve periyot değeri SAP2000 programından W=79959,36 kN (G+0,3Q); T1=T2= 2,176 s. okunmuştur. Sistemin kütlesi ağırlığın yer çekimi ivmesine (g) bölünmesiyle elde edilmiştir. m_t=W/g=79959,36/9,81=8150,80 ton olarak hesaplanmıştır.

$V_{tE}^{(X)} = m_t \times S_{aR}(T_x) \geq 0{,}04 m_t I S_{DS} g$

$$S_{ae}(T_x = 2{,}176) = \frac{S_{D1}}{T_x} = \frac{0{,}194}{2{,}176} \times 9{,}81 = 0{,}876\ m/s^2$$

$$S_{aR}(T_x = 2{,}176) = \frac{S_{ae}(T_x)}{R_a(T_x)} = \frac{0{,}876}{7} = 0{,}125\ m/s^2$$

$$V_{tE}^{(X)} = 8150{,}80 \times 0{,}125 = 1020{,}59\ kN$$

$V_{tE,min}$=0,04m_tIS_{DS}g = 0,04×8150,80×1×0,777×9,81=2484,18 kN

$V_{tE}^{(X)}$ =1020,59 kN < 2484,18 kN olduğundan $V_{tE}^{(X)}$=2484,18 kN'dur.

Azaltılmamış $V_{tE}^{(X)}$= 2484,18×7=17389,24 kN

u_{tepe}=8,65 cm (azaltılmış) u_{tepe}=7×8,65=60,55 cm (azaltılmamış)

$V_{tE}^{(X)}$=m_t×S_{aR}(T) formülüyle Taban Kesme Kuvveti 7144,14 kN yapılan tepe yer değiştirmesi u_{tepe}= 24,85 cm okunmuştur. Ancak TBDY Denk. (4.19) gereği minimum koşul sağlanmadığından yeni $V_{tE}^{(X)}$= $V_{tE,min}$ seçilmiştir ve azaltılmamış değerler 17389,24 kN, u_{tepe}=60,55 cm olarak okunmuştur.

6.1.6 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

Ağırlık ve periyot değeri SAP2000 programından W=79959,36 kN (G+0,3Q); T1=T2= 2,346 s. okunmuştur. Sistemin kütlesi ağırlığın yer çekimi ivmesine (g) bölünmesiyle elde edilmiştir. m_t=W/g=79959,36/9,81=8150,80 ton olarak hesaplanmıştır.

$V_{tE}^{(X)}$ = m_t×S_{aR}(T_x) ≥ 0,04m_tIS_{DS}g

$$S_{ae}(T_x = 2{,}346) = \frac{S_{D1}}{T_x} = \frac{0{,}194}{2{,}346} \times 9{,}81 = 0{,}813\ m/s^2$$

$$S_{aR}(T_x = 2{,}346) = \frac{S_{ae}(T_x)}{R_a(T_x)} = \frac{0{,}813}{7} = 0{,}116\ m/s^2$$

$$V_{tE}^{(X)} = 8150{,}80 \times 0{,}116 = 946{,}47\ kN$$

$V_{tE,min}$=0,04m_tIS_{DS}g = 0,04×8150,80×1×0,777×9,81=2484,18 kN

$V_{tE}^{(X)}$ =946,47 kN < 2484,18 kN olduğundan $V_{tE}^{(X)}$=2484,18 kN'dur.

Azaltılmamış $V_{tE}^{(X)}$= 2484,18×7=17389,24 kN

u_{tepe}=10,21 cm (azaltılmış) u_{tepe}=7×10,21=71,47 cm (azaltılmamış)

$V_{tE}^{(X)}=m_t \times S_{aR}(T)$ formülüyle Taban Kesme Kuvveti 6625,31 kN yapılan tepe yer değiştirmesi u_{tepe}= 27,23 cm okunmuştur. Ancak TBDY Denk. (4.19) gereği minimum koşul sağlanmadığından yeni $V_{tE}^{(X)}= V_{tE,min}$ seçilmiştir ve azaltılmamış değerler 17389,24 kN, u_{tepe}=71,47 cm olarak okunmuştur.

Tablo 6.1 Sistemlerin Eşdeğer Statik Sonuçları

Eşdeğer Statik Sonuçları				
Sistem	**Azaltılmış Taban Kesme Kuvveti (kN)**	**Azaltılmamış Taban Kesme Kuvveti (kN)**	**Azaltılmış Deprem Yükü Altındaki Yatay Yer Değiştirme (cm)**	**Azaltılmamış Deprem Yükü Altındaki Yatay Yer Değiştirme (cm)**
8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	1383,90	9687,31	1,28	8,96
8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	1321,70	9251,92	1,35	9,45
12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	1141,55	7990,83	2,38	16,66
12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	1069,72	7488,07	2,57	17,99
16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	1020,59	7144,14	3,55	24,85
16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	946,47	6625,31	3,89	27,23

6.2 SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde toplam altı sistemin Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden elde edilen azaltılmış taban kesme kuvveti, azaltılmamış tepe yer değiştirmesi, periyot, frekans, azaltılmış taban kesme kuvvetinin toplam ağırlığa oranı ve tepe yer değiştirmenin bina yüksekliğe oranı değerleri Tablo 6.2'de verilmiş, karşılaştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. [12] Bunlara ek olarak sistemlerde yer değiştirme ve yatay yer değiştirme/bina yüksekliği kontrolü el hesabı ile yapılmış, bulunan bu değerler program verileriyle karşılaştırılmıştır.

Tablo 6.2 Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Bütün Sistemlerle Karşılaştırılması

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi Yapısal Analiz Sonuçları (X-X, Y-Y Doğrultusu)						
Sistem	**Periyot (s)**	**Frekans (Hz)**	**Azaltılmış Taban Kesme Kuvveti (kN)**	**Azaltılmamış Deprem Yükü Altındaki Yatay Yer Değiştirme (cm)**	**Azaltılmış Taban Kesme Kuvveti/Toplam Ağırlık Oranı (%)**	**Azaltılmamış Yatay Yer Değiştirme/Bina Yüksekliği (‰)**
8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	0,799	1,252	1383,90	8,96	3,48	3,50
8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	0,836	1,196	1321,70	9,45	3,32	3,69
12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli	1,459	0,686	1862,82	27,23	3,11	7,09
12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli	1,557	0,642	1862,82	31,36	3,11	8,17
16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli	2,176	0,460	2484,18	60,55	3,11	11,83
16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli	2,346	0,426	2484,18	71,47	3,11	13,96

Kat sayısı arttıkça kütlenin artımıyla ve rijitliğin azalmasıyla periyot değeri artar. ($T = 2\pi\sqrt{m/k}$) Periyodun artmasıyla, periyotla ters orantılı olan frekans değerleri azalır. ($f = 1/T$)

Aynı katlı sistemlerde kabuk perdeli sistemin periyot değeri, çubuk perdeli sisteme göre daha büyüktür.

Periyot değerlerinin artmasıyla yatay elastik tasarım spektral ivmesi $S_{ae}(T_x)=(S_{d1}/T_x)\times g$ azalır. $S_{ae}(T_x)$'nin azalmasıyla azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}=S_{ae}(T_x)/R_a$ azalır. Buna bağlı olarak da taban kesme kuvveti $V_{tE}^{(X)}=m_t\times S_{aR}$ değeri aynı kütleli sistemlerde azalır. $V_{tE}^{(X)}$ değeri azaldığı için $V_{tE}^{(X)}/W$ oranı da azalır. BYS azaldıkça minimum taban kesme kuvveti etkili olur. Minimum taban kesme kuvvetinin etkili olduğu sistemlerde V_{tE}/W oranı: $V_{tE,min}=0{,}04m_tIS_{DS}g$:

$V_{tE,min}/(m_tg)=0{,}04IS_{DS}=0{,}04\times1\times0{,}777=0{,}031$ (%3,11)

Kat adedi arttıkça sistemlerin tepe yer değiştirmesi değeri artmıştır. Bina yüksekliğinin de artmasına rağmen kat adedinin artmasıyla yatay yer değiştirme/bina yüksekliği oranı artmıştır. Bunun yanında çubuk perdeli sistemlerin tepe yatay yer değiştirme değeri kabuk perdeli sisteme göre daha düşüktür. Bu yüzden çubuk perdeli sistemlerin yatay yer değiştirme/bina yüksekliği oranı kabuk perdeli sisteme göre daha düşüktür.

8 ve 12 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Yer Değiştirme Yaklaşık Hesap Kontrolü:

W_8=39803,68 kN V_{tE8}=1383,90 kN

W_{12}=59959,52 kN V_{tE12}=1862,82 kN

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $0,799 = 2\pi\sqrt{\frac{W_8}{g\times K_8}};\ 1,459 = 2\pi\sqrt{\frac{W_{12}}{g\times K_{12}}}$

$\frac{W_8}{K_8} = 0,16\ ;\ \frac{W_{12}}{K_{12}} = 0,53$

(K_8 ve K_{12} yaklaşık bir öteleme rijitliğidir.)

$\frac{K_8}{K_{12}} = \frac{W_8}{0,16}\times\frac{0,53}{W_{12}} = \frac{39803,68}{0,16}\times\frac{0,53}{59959,52} = 2,20$ K_8=2,20K_{12}

$u = \frac{V_{tE}}{K}$

$u_8 = \frac{V_{tE8}}{K_8} = \frac{1383,90}{248773} = 5,563\times10^{-3}$ $u_{12} = \frac{V_{tE12}}{K_{12}} = \frac{1862,82}{113131,17} = 0,0165$

$\frac{u_{12}}{u_8} = \frac{0,0165}{5,563\times10^{-3}} = 2,96$ u_{12}=2,96u_8

8 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 8,96 cm

12 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 27,23 cm

2,96u_8=2,96×8,96=26,52 cm ~ 27,23 cm (Aradaki fark: 0,71 cm)

8 ve 16 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Yer Değiştirme Yaklaşık Hesap Kontrolü:

W_8=39803,68 kN V_{tE8}=1383,90 kN

W_{16}=79959,36 kN V_{tE16}=2484,18 kN

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $0,799 = 2\pi\sqrt{\frac{W_8}{g\times K_8}};\ 2,176 = 2\pi\sqrt{\frac{W_{16}}{g\times K_{16}}}$

$\frac{W_8}{K_8} = 0,16\ ;\ \frac{W_{16}}{K_{16}} = 1,18$

(K_8 ve K_{16} yaklaşık bir öteleme rijitliğidir.)

$\frac{K_8}{K_{16}} = \frac{W_8}{0,16} \times \frac{1,18}{W_{16}} = \frac{39803,68}{0,16} \times \frac{1,18}{79959,36} = 3,67$ $K_8=3,67K_{16}$

$$u = \frac{V_{tE}}{K}$$

$u_8 = \frac{V_{tE8}}{K_8} = \frac{1383,90}{248773} = 5,563 \times 10^{-3}$ $u_{16} = \frac{V_{tE16}}{K_{16}} = \frac{2484,18}{67762,17} = 0,0367$

$\frac{u_{16}}{u_8} = \frac{0,0367}{5,563\times10^{-3}} = 6,59$ $u_{16}=6,59u_8$

8 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 8,96 cm

16 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 60,55 cm

$6,59u_8=6,59\times8,96=59,05$ cm ~ 60,55 cm (Aradaki fark: 1,5 cm)

8 ve 12 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Yer Değiştirme Yaklaşık Hesap Kontrolü:

$W_8=39803,68$ kN $V_{tE8}=1321,70$ kN

$W_{12}=59959,52$ kN $V_{tE12}=1862,82$ kN

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $0,836 = 2\pi\sqrt{\frac{W_8}{g\times K_8}};\ 1,557 = 2\pi\sqrt{\frac{W_{12}}{g\times K_{12}}}$

$$\frac{W_8}{K_8} = 0,17\ ;\ \frac{W_{12}}{K_{12}} = 0,60$$

(K_8 ve K_{12} yaklaşık bir öteleme rijitliğidir.)

$\frac{K_8}{K_{12}} = \frac{W_8}{0,17} \times \frac{0,60}{W_{12}} = \frac{39803,68}{0,17} \times \frac{0,60}{59959,52} = 2,34$ $K_8=2,34K_{12}$

$$u = \frac{V_{tE}}{K}$$

$u_8 = \frac{V_{tE8}}{K_8} = \frac{1321,70}{234139,29} = 5,645 \times 10^{-3}$ $u_{12} = \frac{V_{tE12}}{K_{12}} = \frac{1862,82}{99932,53} = 0,0186$

$\frac{u_{12}}{u_8} = \frac{0,0186}{5,645\times10^{-3}} = 3,29$ $u_{12}=3,29u_8$

8 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 9,45 cm

12 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 31,36 cm

3,29u_8=3,29×9,45=31,09 cm ~ 31,36 cm (Aradaki fark: 0,27 cm)

8 ve 16 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Yer Değiştirme Yaklaşık Hesap Kontrolü:

W_8=39803,68 kN V_{tE8}=1321,70 kN

W_{16}=79959,36 kN V_{tE16}=2484,18 kN

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $0{,}836 = 2\pi\sqrt{\frac{W_8}{g\times K_8}};\ 2{,}346 = 2\pi\sqrt{\frac{W_{16}}{g\times K_{16}}}$

$\frac{W_8}{K_8} = 0{,}17\ ;\ \frac{W_{16}}{K_{16}} = 1{,}37$

(K_8 ve K_{16} yaklaşık bir öteleme rijitliğidir.)

$\frac{K_8}{K_{16}} = \frac{W_8}{0{,}17}\times\frac{1{,}37}{W_{16}} = \frac{39803{,}68}{0{,}17}\times\frac{1{,}37}{79959{,}36} = 4{,}01$ K_8=4,01K_{16}

$u = \frac{V_{tE}}{K}$

$u_8 = \frac{V_{tE8}}{K_8} = \frac{1321{,}70}{234139{,}29} = 5{,}645\times10^{-3}$ $u_{16} = \frac{V_{tE16}}{K_{16}} = \frac{2484{,}18}{58364{,}50} = 0{,}0426$

$\frac{u_{16}}{u_8} = \frac{0{,}0426}{5{,}645\times10^{-3}} = 7{,}55$ u_{16}=7,55u_8

8 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 9,45 cm

16 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 71,47 cm

7,55u_8=7,55×9,45=71,35 cm ~ 71,47 cm (Aradaki fark: 0,12 cm)

8 ve 12 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Yatay Yer Değiştirme/Bina Yüksekliği Yaklaşık Hesap Kontrolü:

$\frac{u_{12}}{H_{12}} = \frac{2{,}96u_8}{1{,}5H_8} = 1{,}97\frac{u_8}{H_8}$

$\frac{u_{12}}{H_{12}} = 1{,}97\times3{,}50 = ‰\mathbf{6{,}90} \sim ‰\mathbf{7{,}09}$ (Aradaki fark: ‰0,19)

8 ve 16 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Yatay Yer Değiştirme/Bina Yüksekliği Yaklaşık Hesap Kontrolü:

$$\frac{u_{16}}{H_{16}} = \frac{6{,}59u_8}{2H_8} = 3{,}30\frac{u_8}{H_8}$$

$$\frac{u_{16}}{H_{16}} = 3{,}30 \times 3{,}50 = ‰\mathbf{11,55} \sim ‰\mathbf{11,83} \text{ (Aradaki fark: ‰0,28)}$$

8 ve 12 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Yatay Yer Değiştirme/Bina Yüksekliği Yaklaşık Hesap Kontrolü:

$$\frac{u_{12}}{H_{12}} = \frac{3{,}29u_8}{1{,}5H_8} = 2{,}19\frac{u_8}{H_8}$$

$$\frac{u_{12}}{H_{12}} = 2{,}19 \times 3{,}69 = ‰\mathbf{8,08} \sim ‰\mathbf{8,17} \text{ (Aradaki fark: ‰0,09)}$$

8 ve 16 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Yatay Yer Değiştirme/Bina Yüksekliği Yaklaşık Hesap Kontrolü:

$$\frac{u_{16}}{H_{16}} = \frac{7{,}55u_8}{2H_8} = 3{,}78\frac{u_8}{H_8}$$

$$\frac{u_{16}}{H_{16}} = 3{,}78 \times 3{,}69 = ‰\mathbf{13,95} \sim ‰\mathbf{13,96} \text{ (Aradaki fark: ‰0,01)}$$

Yapılan kontrollerde, 8 Katlı sistemlerin, 12 ve 16 Katlı sistemlere göre daha rijit olduğu ve bunun sonucunda yapılan yer değiştirmelerin 12 ve 16 Katlıya göre daha az olduğu görülmüştür. Yapılan yer değiştirmeler arasında 1,5~0,12 cm arasında fark görülmüştür. Yatay Yer Değiştirme/Bina Yüksekliği arasında ise ‰0,28~0,01 arası fark gözlenmiştir. Çubuk perdeli modelden kabuk perdeli modele geçildiğinde aradaki farkın azaldığı görülmektedir. Kat sayısı arttıkça çubuk perdeli sistemde aradaki fark artarken, kabuk perdeli sistemlerde azalmaktadır.

6.3 PERDE VE KOLONLARIN KESME KUVVETİ VE EĞİLME MOMENTİNİN YÜKSEKLİK BOYUNCA DEĞİŞİMİ

Bu bölümde Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden elde edilen taban kesme kuvvetinin katlarda bulunan perde ve kolonlara nasıl dağıldığını, bu kesme kuvvetlerinden oluşan eğilme momenti değerleri E_x yük durumunda incelenmiştir. Sistemlerde bulunan kolonlarda kat kesme kuvveti değeri sabit kalarak değişim gösterir. Yani kesme kuvveti değeri kolonun her noktasında aynı değerdedir. Bundan dolayı bir katta kolonun üst ve alt ucunda eğilme momenti işaret değiştirir. Perdelerde ise kesme kuvveti ve eğilme momenti değişimi konsol kolonun (üçgen yük altındaki moment ve kesme kuvveti değişimi gibi) davranışına benzer değişim gösterir. Bodrum katta çevre perdeleri etkili olduğu için yükselen perdelerin etkisinin azaldığı görülür. Sistemlerde bodrum katta çevre perdesi bulunduğundan perde ve kolonların etkileri çevre perdesi içinde azalım gösterir. Bu sebepten bu tür perdelerde kritik boy bodrum tavanı üzerinden tarif edilir. [5]

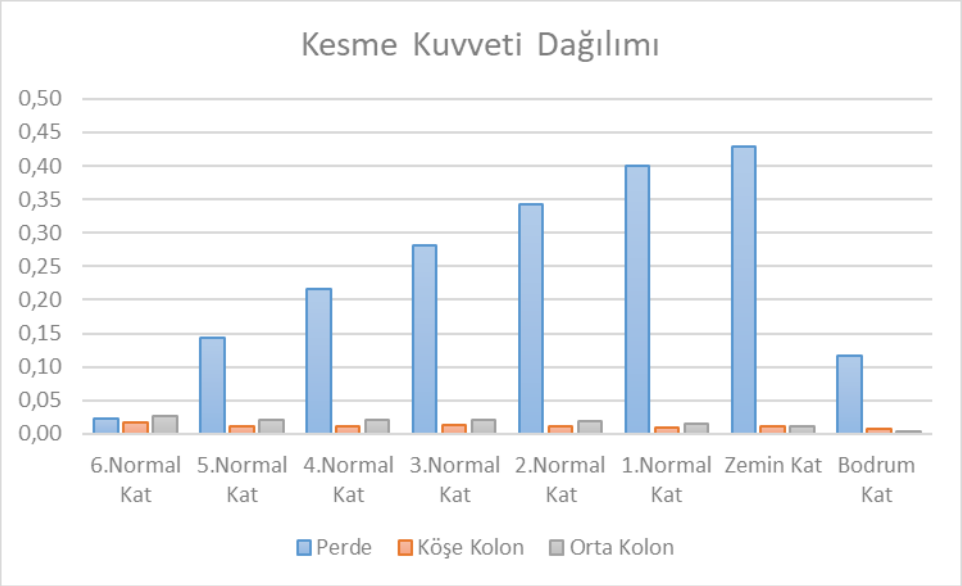
6.3.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

Tablo 6.3 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri

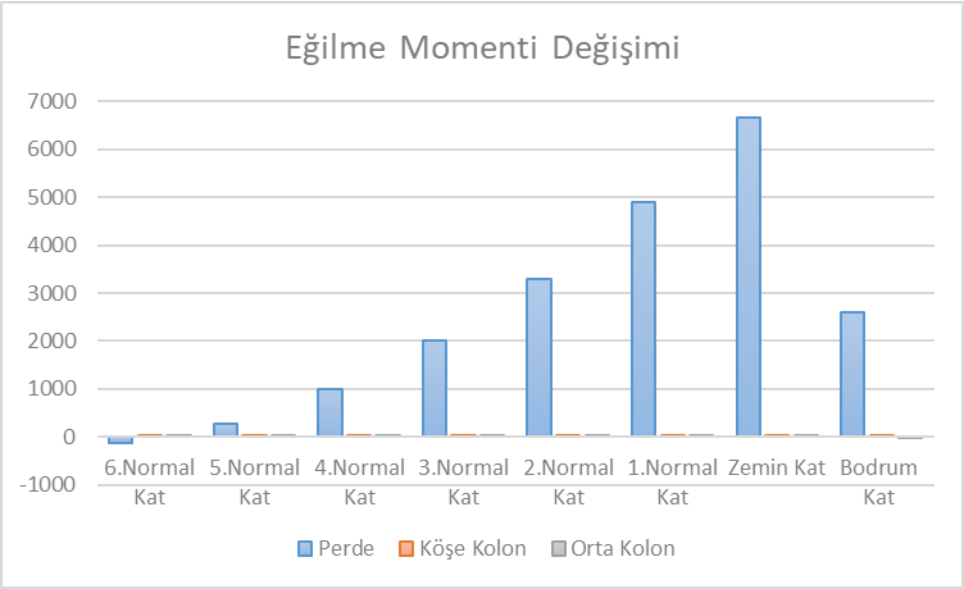
8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem														
Perde No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)
P101-P102-P103-P104	6.Normal Kat	31,91	0,0231	-112,60	S101-S102-S107-S108	6.Normal Kat	23,14	0,0167	31,20	S103-S104-S105-S106	6.Normal Kat	35,54	0,0257	49,16
	5.Normal Kat	197,73	0,1429	277,28		5.Normal Kat	16,48	0,0119	27,28		5.Normal Kat	27,59	0,0199	44,62
	4.Normal Kat	300,38	0,2171	998,90		4.Normal Kat	16,56	0,0120	25,55		4.Normal Kat	29,29	0,0212	47,18
	3.Normal Kat	389,09	0,2812	2005,48		3.Normal Kat	19,21	0,0139	30,78		3.Normal Kat	28,21	0,0204	46,94
	2.Normal Kat	474,33	0,3427	3300,33		2.Normal Kat	16,22	0,0117	28,85		2.Normal Kat	25,81	0,0187	44,89
	1.Normal Kat	553,22	0,3998	4884,78		1.Normal Kat	11,76	0,0085	21,59		1.Normal Kat	20,68	0,0149	38,54
	Zemin Kat	594,30	0,4294	6654,48		Zemin Kat	15,54	0,0112	37,81		Zemin Kat	15,81	0,0114	34,96
	Bodrum Kat	-160,51	0,1160	2608,91		Bodrum Kat	10,77	0,0078	9,92		Bodrum Kat	-5,30	0,0038	-2,53

İncelenen etkilerde, taban kesme kuvveti dağılımında perdenin kolonlara göre daha çok kesme kuvveti aldığı görülür. Örnek olarak Tablo 6.3'te zemin katta bulunan perdenin kesme kuvveti değeri 594,30 kN iken kolonlarda oluşan kesme kuvveti değeri, bu değerin 1/37~1/38 civarlarında olduğu görülür. Bunun sebebi, kuvvetler elamanların rijitlikleri ile orantılı dağıtıldığı için perdenin rijitliği kolonun yanında çok daha büyük olduğundan kesme kuvveti değeri kolona göre daha büyüktür. Eğilme momenti değeri incelenecek olursa zemin katta bulunan perdedeki eğilme momenti değeri 6654,48 kNm iken kolonlarda oluşan eğilme momenti, bu değerin 1/176~1/190 civarlarında olduğu görülür. Perdelerin kesiti kolonlara göre daha büyük olduğu için ataleti de daha büyük olacaktır ve bunun sonucunda eğilme momenti değeri kolonlara göre daha büyüktür. Perde etkilerinin kat yüksekliğine göre incelenmesi durumunda perdenin konsol kolon olarak davrandığı görülür. Alt katlara inildikçe

kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin arttığı tablodan görülmektedir. Perdede oluşan en büyük etkiler zemin kat tabanında oluşmuştur. Çünkü bodrum katta bulunan çevre perdesinin varlığı perdeden gelen etkilerin önemli kısmını karşılar. Bunun sonucunda etkiler azalır. Kesme kuvveti işaret değiştirip azalma gösterirken, eğilme momenti de büyük bir ölçüde azalım gösterir. Kolonlarda ise bu durum kesme kuvveti değeri belirli değerlerde değişim gösterir. Örneğin S101 kolonunun kat yüksekliği boyunca kesme kuvveti değişimi 23,14~10,77 kN arasındadır. Eğilme momentinde ise moment yer değiştirir (alt ve üst ucu işaret değiştirir) ve momentin sıfır olduğu değer kolon yaklaşık orta noktası olarak görülür. Kolonların tabanında pozitif moment oluştuğu görülür. Çevre perdesinin varlığı kolonların etkili olmasını azaltır.



Şekil 6.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı



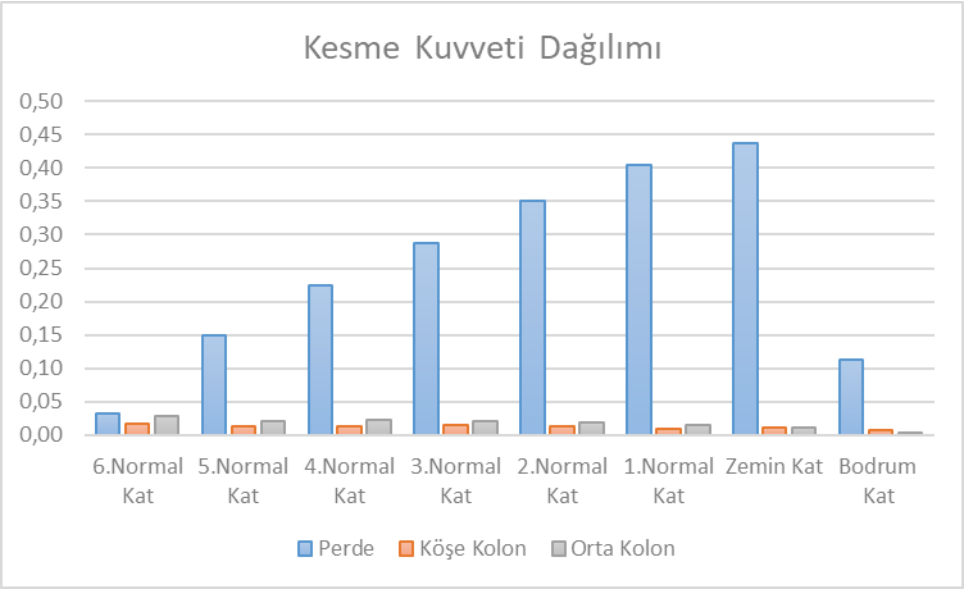
Şekil 6.2 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi

6.3.2 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

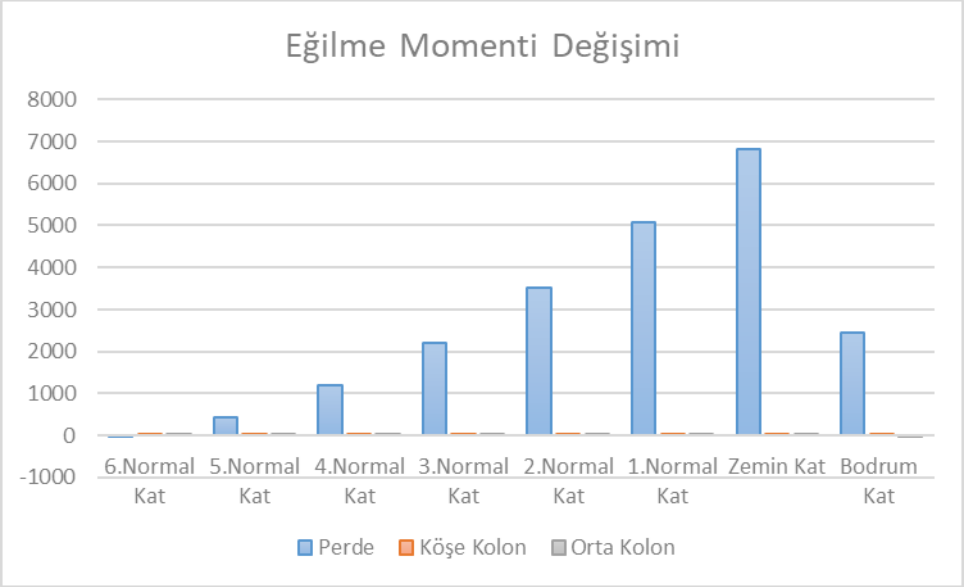
Tablo 6.4 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri

8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem													
Perde No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)
P101-P102-P103-P104	6.Normal Kat	42,70	0,0323	-2,06	S101-S102-S107-S108	6.Normal Kat	22,86	0,0173	31,78	S103-S104-S105-S106	6.Normal Kat	36,53	0,0276	50,49
	5.Normal Kat	196,69	0,1488	427,50		5.Normal Kat	16,94	0,0128	27,88		5.Normal Kat	27,12	0,0205	44,37
	4.Normal Kat	296,53	0,2244	1186,83		4.Normal Kat	16,65	0,0126	25,92		4.Normal Kat	28,99	0,0219	46,94
	3.Normal Kat	381,10	0,2883	2215,41		3.Normal Kat	19,31	0,0146	31,16		3.Normal Kat	27,57	0,0209	46,32
	2.Normal Kat	462,93	0,3503	3519,26		2.Normal Kat	16,07	0,0122	28,82		2.Normal Kat	25,02	0,0189	43,99
	1.Normal Kat	534,41	0,4043	5080,95		1.Normal Kat	12,21	0,0092	23,02		1.Normal Kat	20,23	0,0153	38,52
	Zemin Kat	577,13	0,4367	6817,42		Zemin Kat	14,99	0,0113	37,28		Zemin Kat	14,42	0,0109	33,58
	Bodrum Kat	-149,23	0,1129	2446,11		Bodrum Kat	10,07	0,0076	9,29		Bodrum Kat	-5,33	0,0040	-2,77

İncelenen bu sistemde ve bu bölümden sonraki sistemlerde etkiler 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sisteme benzer olduğu için sadece sayısal incelemeler gösterilmiştir. Tablo 6.4'te zemin katta bulunan perdenin kesme kuvveti değeri 577,13 kN iken kolonlarda oluşan kesme kuvveti değeri, bu değerin 1/38~1/40 civarlarında olduğu görülür. Zemin katta bulunan perdedeki eğilme momenti değeri 6817,42 kNm iken kolonlarda oluşan eğilme momenti, bu değerin 1/182~1/203 civarlarında olduğu görülür. S101 kolonunun kat yüksekliği boyunca kesme kuvveti değişimi 22,86~10,07 kN arasındadır. Sistemin ortasında bulunan kolonlar, köşe kolonlara göre daha çok kesme kuvveti ve eğilme momenti almıştır. İki model karşılaştırıldığında kolonlardaki etkiler hemen hemen aynıyken, kabuk perdedeki eğilme momenti değerleri çubuk perdeli modele göre daha fazladır. Kabuk perdeli sistemdeki çevre perdesinden dolayı oluşan azalım oranı çubuk perdeli sisteme göre daha fazladır. (Çubuk perdeli sistemde azalım %60,8 iken kabuk perdeli sistem de %64,1'tir.)



Şekil 6.3 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı



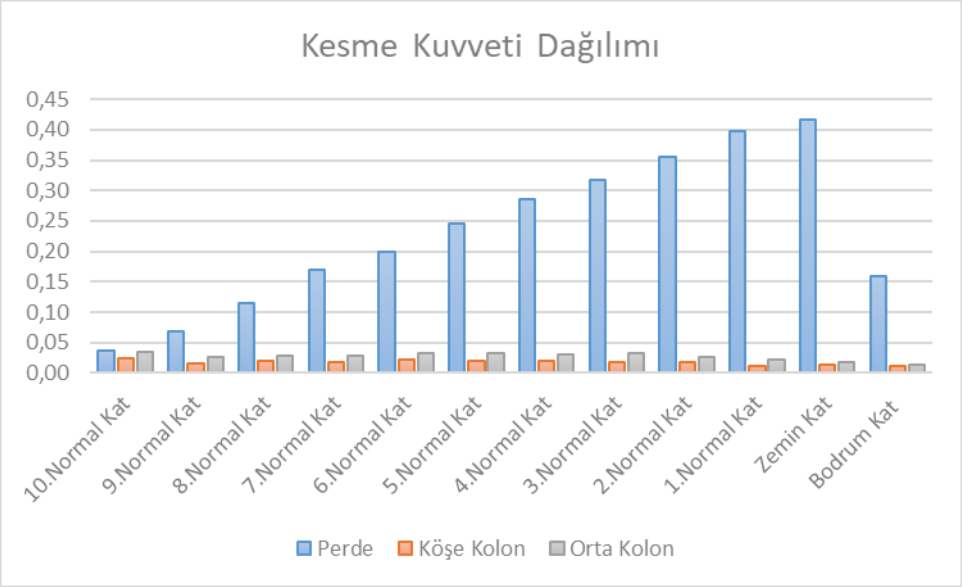
Şekil 6.4 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi

6.3.3 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

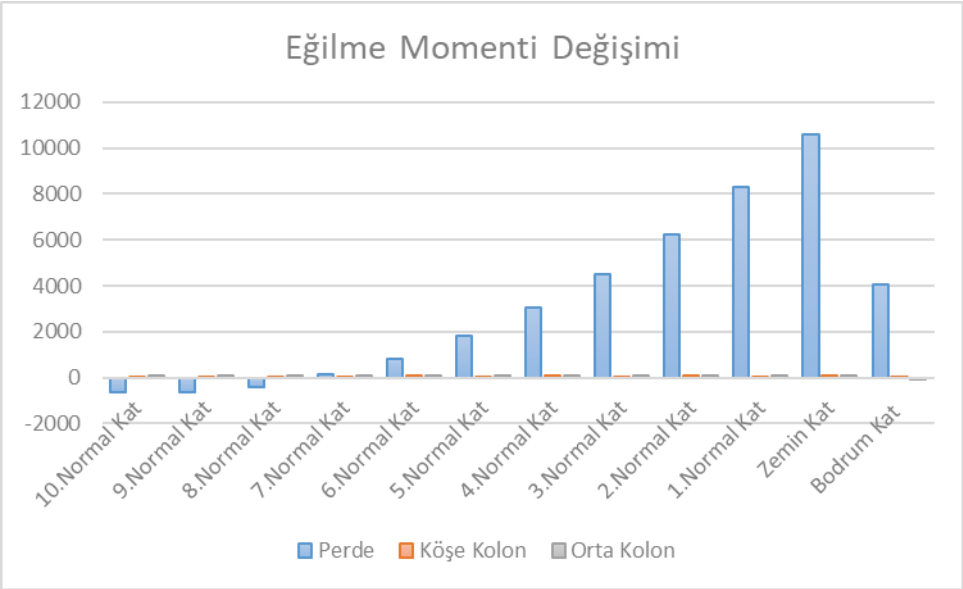
Tablo 6.5 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri

12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem													
Perde No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)
P101-P102-P103-P104	10.Normal Kat	-68,28	0,0367	-617,81	S101-S102-S107-S108	10.Normal Kat	45,33	0,0243	59,21	S103-S104-S105-S106	10.Normal Kat	62,84	0,0337	86,81
	9.Normal Kat	127,67	0,0685	-653,92		9.Normal Kat	30,41	0,0163	49,72		9.Normal Kat	48,67	0,0261	77,88
	8.Normal Kat	212,79	0,1142	-425,16		8.Normal Kat	35,10	0,0188	55,02		8.Normal Kat	53,35	0,0286	84,05
	7.Normal Kat	316,23	0,1698	120,98		7.Normal Kat	33,07	0,0178	50,45		7.Normal Kat	51,73	0,0278	79,55
	6.Normal Kat	369,74	0,1985	825,19		6.Normal Kat	39,43	0,0212	61,11		6.Normal Kat	61,89	0,0332	96,44
	5.Normal Kat	457,96	0,2458	1808,90		5.Normal Kat	36,47	0,0196	60,11		5.Normal Kat	58,80	0,0316	96,97
	4.Normal Kat	534,28	0,2868	3050,71		4.Normal Kat	36,09	0,0194	61,33		4.Normal Kat	54,63	0,0293	90,01
	3.Normal Kat	593,30	0,3185	4511,75		3.Normal Kat	31,35	0,0168	54,64		3.Normal Kat	58,99	0,0317	102,87
	2.Normal Kat	664,05	0,3565	6247,20		2.Normal Kat	32,68	0,0175	62,82		2.Normal Kat	47,10	0,0253	92,11
	1.Normal Kat	742,04	0,3983	8304,88		1.Normal Kat	19,97	0,0107	47,19		1.Normal Kat	42,27	0,0227	94,38
	Zemin Kat	777,96	0,4176	10579,78		Zemin Kat	24,93	0,0134	71,38		Zemin Kat	33,57	0,0180	103,17
	Bodrum Kat	-296,61	0,1592	4068,68		Bodrum Kat	19,08	0,0102	18,10		Bodrum Kat	-26,17	0,0141	-15,10

Tablo 6.5'te zemin katta bulunan perdenin kesme kuvveti değeri 777,96 kN iken kolonlarda oluşan kesme kuvveti değeri, bu değerin 1/31~1/23 civarlarında olduğu görülür. Zemin katta bulunan perdedeki eğilme momenti değeri 10579,78 kNm iken kolonlarda oluşan eğilme momenti, bu değerin 1/148~1/102 civarlarında olduğu görülür. S101 kolonunun kat yüksekliği boyunca kesme kuvveti değişimi 45,33~19,08 kN arasındadır. Sistemin ortasında bulunan kolonlar, köşe kolonlara göre daha çok kesme kuvveti ve eğilme momenti almıştır. Sistemlerde kat adedi arttıkça üst katlarda perdenin yatay ötelemesinin çerçeve tarafından sınırlandırılması için üst katlarda kesme kuvveti negatif oluşabilir. Tablodan görüldüğü üzere sistemin en üst katında perde kesme kuvveti değeri negatif ortaya çıkmıştır.



Şekil 6.5 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı



Şekil 6.6 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi

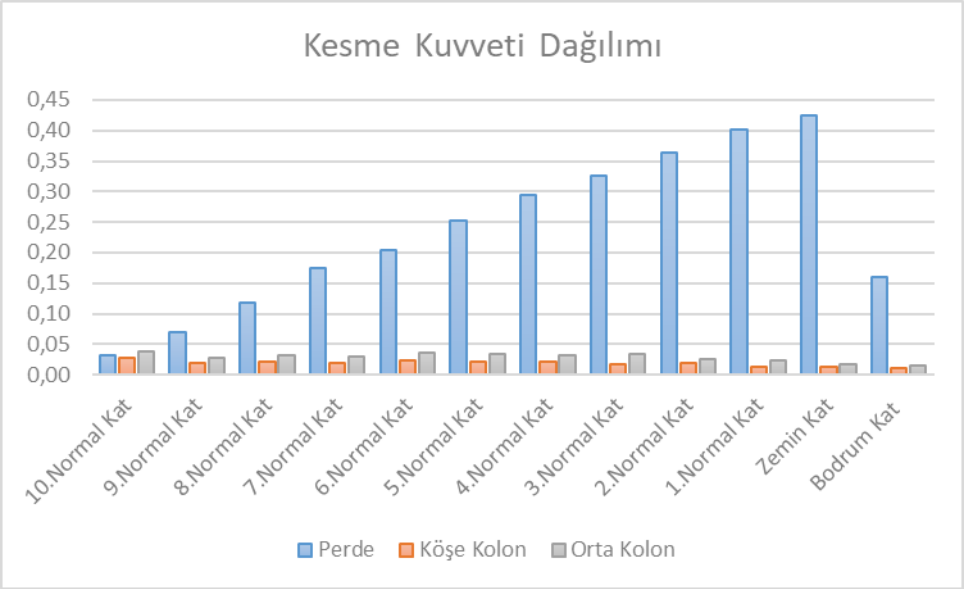
6.3.4 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

Tablo 6.6 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri

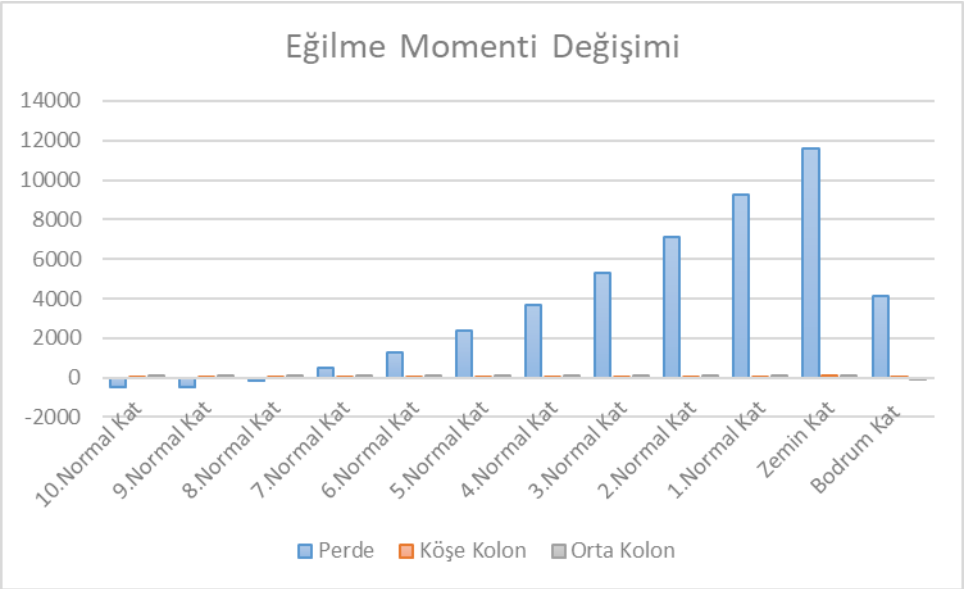
12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem														
Perde No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)
P101-P102-P103-P104	10.Normal Kat	-61,03	0,0328	-481,85	S101-S102-S107-S108	10.Normal Kat	49,71	0,0267	67,38	S103-S104-S105-S106	10.Normal Kat	71,65	0,0385	98,86
	9.Normal Kat	131,02	0,0703	-470,12		9.Normal Kat	34,71	0,0186	56,38		9.Normal Kat	52,99	0,0284	85,74
	8.Normal Kat	217,94	0,1170	-167,66		8.Normal Kat	39,15	0,0210	62,01		8.Normal Kat	58,62	0,0315	92,69
	7.Normal Kat	326,08	0,1750	465,19		7.Normal Kat	36,57	0,0196	56,12		7.Normal Kat	55,76	0,0299	86,40
	6.Normal Kat	378,33	0,2031	1260,98		6.Normal Kat	43,21	0,0232	67,66		6.Normal Kat	66,44	0,0357	104,41
	5.Normal Kat	470,85	0,2528	2352,33		5.Normal Kat	39,44	0,0212	65,82		5.Normal Kat	62,18	0,0334	103,72
	4.Normal Kat	548,43	0,2944	3707,29		4.Normal Kat	38,70	0,0208	66,53		4.Normal Kat	57,41	0,0308	95,86
	3.Normal Kat	606,88	0,3258	5277,41		3.Normal Kat	33,59	0,0180	59,47		3.Normal Kat	61,57	0,0331	109,18
	2.Normal Kat	677,68	0,3638	7114,85		2.Normal Kat	34,58	0,0186	67,43		2.Normal Kat	48,64	0,0261	97,33
	1.Normal Kat	747,48	0,4013	9238,50		1.Normal Kat	22,22	0,0119	54,02		1.Normal Kat	44,92	0,0241	103,81
	Zemin Kat	792,24	0,4253	11582,94		Zemin Kat	25,52	0,0137	75,78		Zemin Kat	32,40	0,0174	108,04
	Bodrum Kat	-297,80	0,1599	4128,29		Bodrum Kat	18,72	0,0101	17,72		Bodrum Kat	-28,34	0,0152	-17,35

Tablo 6.6'da zemin katta bulunan perdenin kesme kuvveti değeri 792,24 kN iken kolonlarda oluşan kesme kuvveti değeri, bu değerin 1/31~1/24 civarlarında olduğu görülür. Zemin katta bulunan perdedeki eğilme momenti değeri 11582,94 kNm iken kolonlarda oluşan eğilme momenti, bu değerin 1/152~1/107 civarlarında olduğu görülür. S101 kolonunun kat yüksekliği boyunca kesme kuvveti değişimi 49,71~18,72 kN arasındadır. Sistemin ortasında bulunan kolonlar, köşe kolonlara göre daha çok kesme kuvveti ve eğilme momenti almıştır. Bu sistemde de en üst katta perde kesme kuvveti değeri negatif gelmiştir. 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde oluşan etkilerin 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli sisteme göre daha fazla olduğu görülür. Kabuk perdeli sistemdeki çevre perdesinden dolayı oluşan azalım oranı çubuk perdeli sisteme göre daha fazladır. (Çubuk perdeli sistemde azalım %61,5 iken

kabuk perdeli sistem de %64,4'dir.)



Şekil 6.7 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı



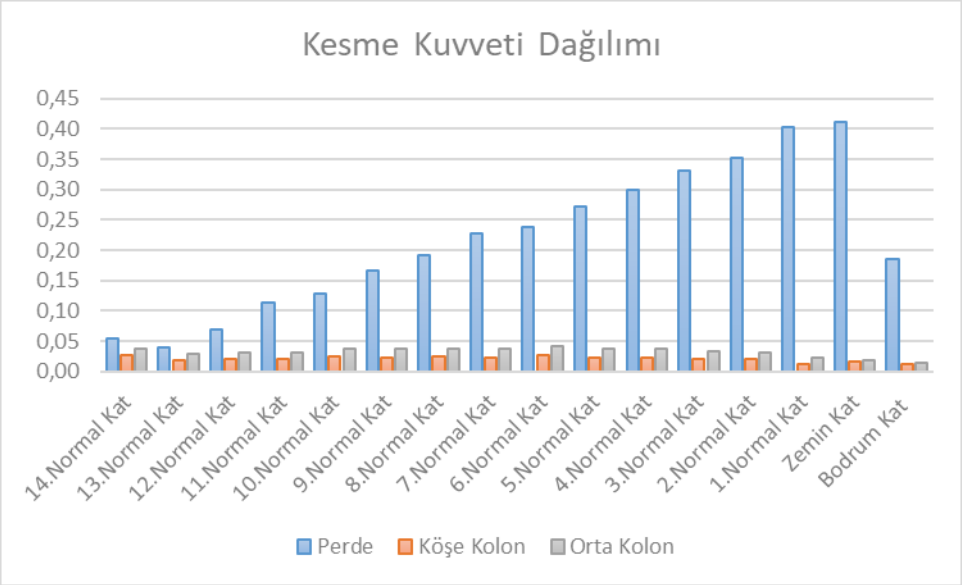
Şekil 6.8 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi

6.3.5 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

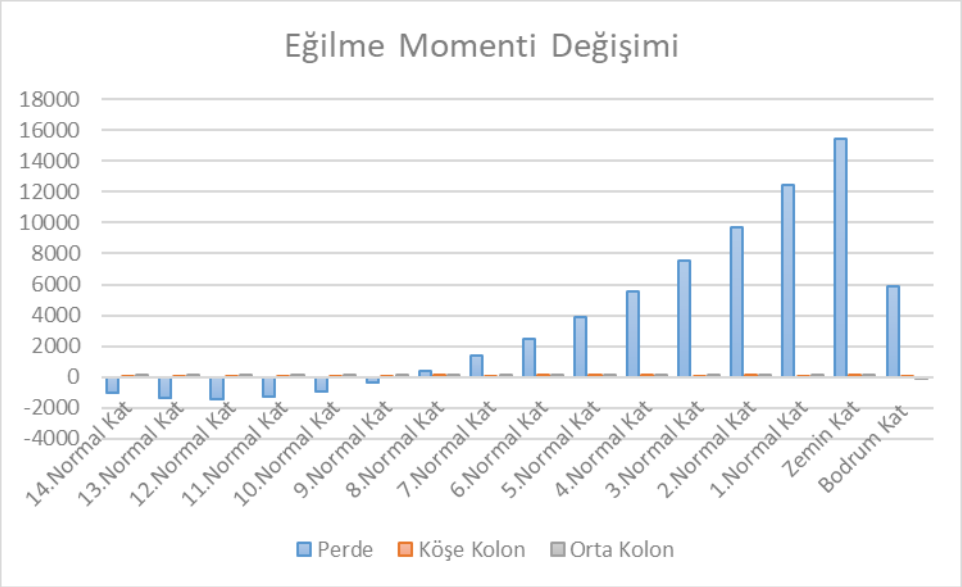
Tablo 6.7 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri

16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem														
Perde No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)
P101-P102-P103-P104	14.Normal Kat	-137,14	0,0552	-1017,83	S101-S102-S107-S108	14.Normal Kat	66,09	0,0266	86,36	S103-S104-S105-S106	14.Normal Kat	91,03	0,0366	125,83
	13.Normal Kat	97,02	0,0391	-1352,99		13.Normal Kat	44,20	0,0178	72,17		13.Normal Kat	70,32	0,0283	112,30
	12.Normal Kat	173,01	0,0696	-1459,22		12.Normal Kat	51,43	0,0207	80,07		12.Normal Kat	77,52	0,0312	121,38
	11.Normal Kat	281,93	0,1135	-1245,37		11.Normal Kat	49,01	0,0197	73,55		11.Normal Kat	75,98	0,0306	115,07
	10.Normal Kat	319,71	0,1287	-946,70		10.Normal Kat	59,84	0,0241	90,08		10.Normal Kat	93,21	0,0375	141,64
	9.Normal Kat	411,79	0,1658	-384,12		9.Normal Kat	57,99	0,0233	91,21		9.Normal Kat	91,51	0,0368	144,19
	8.Normal Kat	478,65	0,1927	373,87		8.Normal Kat	60,65	0,0244	96,57		8.Normal Kat	95,23	0,0383	151,70
	7.Normal Kat	564,19	0,2271	1396,16		7.Normal Kat	57,42	0,0231	89,57		7.Normal Kat	91,17	0,0367	142,87
	6.Normal Kat	589,88	0,2375	2497,57		6.Normal Kat	65,03	0,0262	104,13		6.Normal Kat	103,83	0,0418	166,28
	5.Normal Kat	676,31	0,2722	3889,76		5.Normal Kat	59,21	0,0238	101,88		5.Normal Kat	95,59	0,0385	162,56
	4.Normal Kat	743,53	0,2993	5535,05		4.Normal Kat	56,73	0,0228	101,22		4.Normal Kat	91,49	0,0368	160,58
	3.Normal Kat	825,44	0,3323	7502,60		3.Normal Kat	49,99	0,0201	93,68		3.Normal Kat	81,02	0,0326	147,94
	2.Normal Kat	874,13	0,3519	9711,69		2.Normal Kat	49,41	0,0199	104,63		2.Normal Kat	79,10	0,0318	159,48
	1.Normal Kat	1000,05	0,4026	12442,05		1.Normal Kat	30,04	0,0121	81,62		1.Normal Kat	55,03	0,0222	135,63
	Zemin Kat	1023,12	0,4119	15401,96		Zemin Kat	40,19	0,0162	128,31		Zemin Kat	47,43	0,0191	147,21
	Bodrum Kat	-460,34	0,1853	5868,47		Bodrum Kat	30,32	0,0122	29,76		Bodrum Kat	-37,85	0,0152	-22,33

Tablo 6.7'de zemin katta bulunan perdenin kesme kuvveti değeri 1023,12 kN iken kolonlarda oluşan kesme kuvveti değeri, bu değerin 1/25~1/21 civarlarında olduğu görülür. Zemin katta bulunan perdedeki eğilme momenti değeri 15401,96 kNm iken kolonlarda oluşan eğilme momenti, bu değerin 1/120~1/104 civarlarında olduğu görülür. S101 kolonunun kat yüksekliği boyunca kesme kuvveti değişimi 66,09~30,32 kN arasındadır. Sistemin ortasında bulunan kolonlar, köşe kolonlara göre daha çok kesme kuvveti ve eğilme momenti almıştır. Sistemlerde kat adedi arttıkça üst katlarda perdenin yatay ötelemesinin çerçeve tarafından sınırlandırılması için üst katlarda kesme kuvveti negatif oluşabilir. Tablodan görüldüğü üzere sistemin en üst katında perde kesme kuvveti değeri negatif ortaya çıkmıştır.



Şekil 6.9 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı



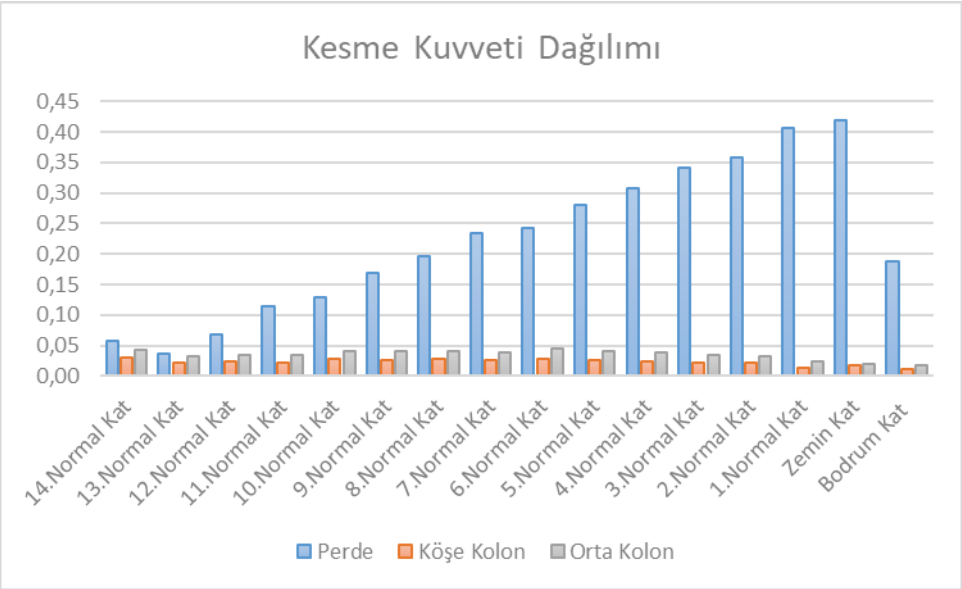
Şekil 6.10 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi

6.3.6 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

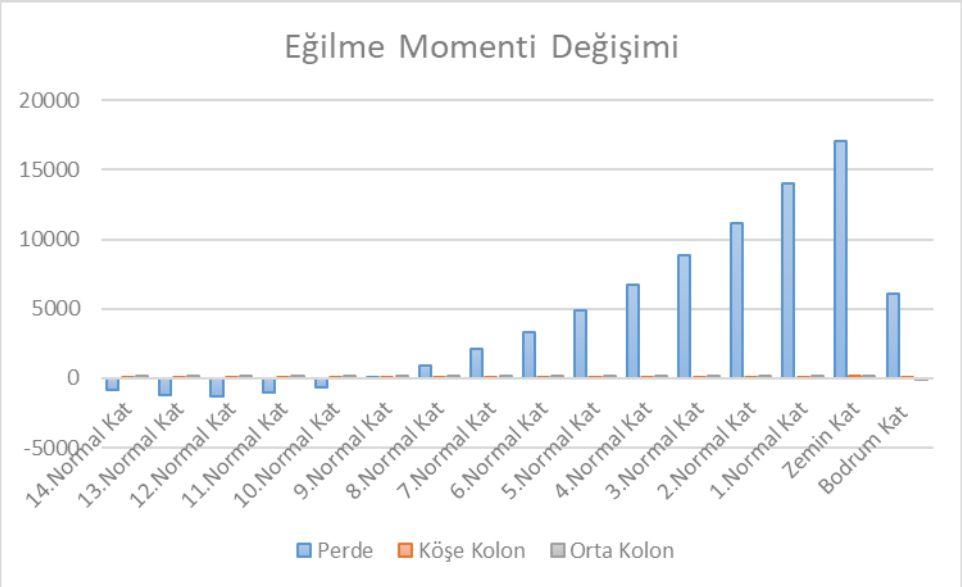
Tablo 6.8 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri

16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem														
Perde No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_{tE}	M (kNm)
P101-P102-P103-P104	14.Normal Kat	-140,34	0,0565	-883,85	S101-S102-S107-S108	14.Normal Kat	76,15	0,0307	103,22	S103-S104-S105-S106	14.Normal Kat	107,07	0,0431	147,79
	13.Normal Kat	91,11	0,0367	-1211,50		13.Normal Kat	52,98	0,0213	85,90		13.Normal Kat	79,10	0,0318	127,66
	12.Normal Kat	168,48	0,0678	-1274,84		12.Normal Kat	60,20	0,0242	94,75		12.Normal Kat	88,06	0,0354	138,30
	11.Normal Kat	285,14	0,1148	-995,85		11.Normal Kat	56,78	0,0229	85,65		11.Normal Kat	84,67	0,0341	129,06
	10.Normal Kat	319,06	0,1284	-629,05		10.Normal Kat	68,66	0,0276	104,30		10.Normal Kat	103,50	0,0417	158,32
	9.Normal Kat	419,49	0,1689	35,81		9.Normal Kat	65,46	0,0263	103,94		9.Normal Kat	100,07	0,0403	158,99
	8.Normal Kat	487,65	0,1963	909,92		8.Normal Kat	68,01	0,0274	109,31		8.Normal Kat	103,58	0,0417	166,37
	7.Normal Kat	579,87	0,2334	2076,38		7.Normal Kat	63,55	0,0256	100,16		7.Normal Kat	98,05	0,0395	155,18
	6.Normal Kat	602,20	0,2424	3317,63		6.Normal Kat	71,76	0,0289	116,37		6.Normal Kat	111,45	0,0449	180,66
	5.Normal Kat	695,48	0,2800	4874,67		5.Normal Kat	64,33	0,0259	112,54		5.Normal Kat	101,19	0,0407	174,84
	4.Normal Kat	762,14	0,3068	6681,55		4.Normal Kat	61,47	0,0247	111,43		4.Normal Kat	96,53	0,0389	172,31
	3.Normal Kat	845,76	0,3405	8811,29		3.Normal Kat	53,71	0,0216	102,68		3.Normal Kat	84,71	0,0341	158,03
	2.Normal Kat	889,37	0,3580	11153,63		2.Normal Kat	53,04	0,0214	114,35		2.Normal Kat	82,72	0,0333	170,95
	1.Normal Kat	1008,74	0,4061	13980,90		1.Normal Kat	33,66	0,0135	94,37		1.Normal Kat	58,28	0,0235	149,59
	Zemin Kat	1039,87	0,4186	17027,53		Zemin Kat	41,56	0,0167	138,36		Zemin Kat	46,68	0,0188	156,59
	Bodrum Kat	-466,50	0,1878	6049,86		Bodrum Kat	29,65	0,0119	28,93		Bodrum Kat	-41,82	0,0168	-26,37

Tablo 6.8'de zemin katta bulunan perdenin kesme kuvveti değeri 1039,87 kN iken kolonlarda oluşan kesme kuvveti değeri, bu değerin 1/25~1/22 civarlarında olduğu görülür. Zemin katta bulunan perdedeki eğilme momenti değeri 17027,53 kNm iken kolonlarda oluşan eğilme momenti, bu değerin 1/123~1/108 civarlarında olduğu görülür. S101 kolonunun kat yüksekliği boyunca kesme kuvveti değişimi 76,15~29,65 kN arasındadır. Sistemin ortasında bulunan kolonlar, köşe kolonlara göre daha çok kesme kuvveti ve eğilme momenti almıştır. Bu sistemde de en üst katta perde kesme kuvveti değeri negatif gelmiştir. 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde oluşan etkilerin 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli sisteme göre daha fazla olduğu görülür. Kabuk perdeli sistemdeki çevre perdesinden dolayı oluşan azalım oranı çubuk perdeli sisteme göre daha fazladır. (Çubuk perdeli sistemde azalım %61,9 iken kabuk perdeli sistem de %64,5'dir.)



Şekil 6.11 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı



Şekil 6.12 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi

YEDİNCİ BÖLÜM

7 MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ

7.1 KÜTLE KATILIM ORANLARI

TBDY 4.8.1.2 uyarınca hesaba katılması gerekli mod sayısının, her iki deprem doğrultusunda her bir modun modal etkin kütleleri toplamının, toplam bina kütlesinin %95'inden az olmamasına göre seçilir. [10] Ancak bu çalışmada esas olarak karşılaştırma hedeflendiği için bütün sistemlerde göz önüne alınan mod sayısı 12 seçilerek sonuçlar elde edilmiştir.

7.1.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

8 Katlı Çubuk Perdeli Sistemde ilk 12 modda X ve Y doğrultularında toplam modal kütle katılım oranları %86'da kalmıştır. İki doğrultuda %95'i geçen mod sayısı 182 iken çok sayıda yapılacak çözüm için ve %86 kütle katılım oranını sağlayan mod sayısı 12 seçilmiştir. Ayrıca çalışmanın bir karşılaştırma çalışması olması sebebiyle bu sayı benimsemiştir.

Tablo 7.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Modal Kütle Katılım Oranları

8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem								
Mod Sayısı	Periyot (s)	Frekans (1/s)	Modal Kütle Katılım Oranları					
			UX	UY	RZ	SUMUX	SUMUY	SUMRZ
1	0,79876	1,25194	0,5978	0,02536	0	0,5978	0,02536	0
2	0,79876	1,25194	0,02536	0,5978	0	0,62315	0,62315	0
3	0,57185	1,74872	0	0	0,60371	0,62315	0,62315	0,60371
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	0,06864	14,56890	1,00E-04	4,16E-06	1,32E-16	0,86249	0,86249	0,78388
12	0,06522	15,33192	7,79E-14	1,22E-16	2,29E-16	0,86249	0,86249	0,78388

7.1.2 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

8 Katlı Kabuk Perdeli Sistemde ilk 12 modda X ve Y doğrultularında toplam modal kütle katılım oranları %85'de kalmıştır. İki doğrultuda %95'i geçen mod sayısı 211 iken çok sayıda yapılacak çözüm için ve %85 kütle katılım oranını sağlayan mod sayısı 12 seçilmiştir.

Ayrıca çalışmanın bir karşılaştırma çalışması olması sebebiyle bu sayı benimsemiştir.

Tablo 7.2 8 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Modal Kütle Katılım Oranları

8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem								
Mod Sayısı	Periyot (s)	Frekans (1/s)	Modal Kütle Katılım Oranları					
			UX	UY	RZ	SUMUX	SUMUY	SUMRZ
1	0,83635	1,19567	0,61407	1,65E-05	0	0,61407	1,65E-05	0
2	0,83635	1,19567	1,65E-05	0,61407	0	0,61408	0,61408	0
3	0,59192	1,68942	0	0	0,59589	0,61408	0,61408	0,59589
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	0,07768	12,87375	0,00059	1,49E-03	7,16E-15	0,85539	0,85539	0,77457
12	0,07436	13,44879	1,27E-14	4,21E-15	3,61E-13	0,85539	0,85539	0,77457

7.1.3 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

12 Katlı Çubuk Perdeli Sistemde ilk 12 modda X ve Y doğrultularında toplam modal kütle katılım oranları %90'de kalmıştır. İki doğrultuda %95'i geçen mod sayısı 272 iken çok sayıda yapılacak çözüm için ve %90 kütle katılım oranını sağlayan mod sayısı 12 seçilmiştir. Ayrıca çalışmanın bir karşılaştırma çalışması olması sebebiyle bu sayı benimsemiştir.

Tablo 7.3 12 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Modal Kütle Katılım Oranları

12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem								
Mod Sayısı	Periyot (s)	Frekans (1/s)	Modal Kütle Katılım Oranları					
			UX	UY	RZ	SUMUX	SUMUY	SUMRZ
1	1,45869	0,68555	0,5721	0,06976	0	0,5721	0,06976	0
2	1,45869	0,68555	0,06976	0,5721	0	0,64186	0,64186	0
3	1,07665	0,92880	0	0	0,6252	0,64186	0,64186	0,6252
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	0,09403	10,63526	2,13E-03	0,03076	8,31E-15	0,89648	0,89648	0,85322
12	0,08774	11,39772	9,02E-15	2,01E-14	6,24E-15	0,89648	0,89648	0,85322

7.1.4 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

12 Katlı Kabuk Perdeli Sistemde ilk 12 modda X ve Y doğrultularında toplam modal kütle katılım oranları %87'de kalmıştır. İki doğrultuda %95'i geçen mod sayısı 277 iken çok sayıda yapılacak çözüm için ve %87 kütle katılım oranını sağlayan mod sayısı 12 seçilmiştir. Ayrıca çalışmanın bir karşılaştırma çalışması olması sebebiyle bu sayı benimsemiştir.

Tablo 7.4 12 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Modal Kütle Katılım Oranları

12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem								
Mod Sayısı	Periyot (s)	Frekans (1/s)	Modal Kütle Katılım Oranları					
			UX	UY	RZ	SUMUX	SUMUY	SUMRZ
1	1,55663	0,64241	0,63248	2,39E-05	0	0,63248	2,39E-05	0
2	1,55663	0,64241	2,39E-05	0,63248	0	0,6325	0,63250	0
3	1,13493	0,88111	0	0	0,61742	0,6325	0,6325	0,61742
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	0,09110	10,97665	0,01123	5,45E-03	3,09E-15	0,86895	0,86317	0,84651
12	0,09110	10,97665	5,45E-03	0,01123	9,89E-15	0,8744	0,8744	0,84651

7.1.5 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

16 Katlı Çubuk Perdeli Sistemde ilk 12 modda X ve Y doğrultularında toplam modal kütle katılım oranları %90'da kalmıştır. İki doğrultuda %95'i geçen mod sayısı 285 iken çok sayıda yapılacak çözüm için ve %90 kütle katılım oranını sağlayan mod sayısı 12 seçilmiştir. Ayrıca çalışmanın bir karşılaştırma çalışması olması sebebiyle bu sayı benimsemiştir.

Tablo 7.5 16 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Modal Kütle Katılım Oranları

16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem								
Mod Sayısı	Periyot (s)	Frekans (1/s)	Modal Kütle Katılım Oranları					
			UX	UY	RZ	SUMUX	SUMUY	SUMRZ
1	2,17578	0,45960	0,5653	0,09448	0	0,5656	0,09448	0
2	2,17578	0,45960	0,09448	0,5653	0	0,65979	0,65979	0
3	1,62555	0,61518	0	0	0,64328	0,65979	0,65979	0,64328
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	0,14514	6,88976	0,00012	0,03279	1,47E-16	0,89692	0,89692	0,85528
12	0,11013	9,08062	1,33E-14	1,21E-15	3,67E-16	0,89692	0,89692	0,85528

7.1.6 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

16 Katlı Kabuk Perdeli Sistemde ilk 12 modda X ve Y doğrultularında toplam modal kütle katılım oranları %89'da kalmıştır. İki doğrultuda %95'i geçen mod sayısı 285 iken çok sayıda yapılacak çözüm için ve %89 kütle katılım oranını sağlayan mod sayısı 12 seçilmiştir. Ayrıca çalışmanın bir karşılaştırma çalışması olması sebebiyle bu sayı benimsemiştir.

Tablo 7.6 16 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Modal Kütle Katılım Oranları

16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem								
Mod Sayısı	Periyot (s)	Frekans (1/s)	Modal Kütle Katılım Oranları					
			UX	UY	RZ	SUMUX	SUMUY	SUMRZ
1	2,34617	0,42623	0,64971	3,70E-05	0	0,64971	3,70E-05	0
2	2,34617	0,42623	3,70E-05	0,64971	0	0,64974	0,64974	0
3	1,73126	0,57761	0	0	0,63473	0,64974	0,64974	0,63473
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	0,14272	7,00654	0,02536	0,00741	6,91E-17	0,8924	0,8924	0,85067
12	0,11982	8,34590	2,34E-15	8,70E-15	9,87E-16	0,8924	0,8924	0,85067

7.2 HESAP YÖNTEMİ

Mod birleştirme yönteminde, her modun katkısı ayrı ayrı deprem spektrumu kullanılarak en büyük değeri hesaplanır. Bu değerler aynı zamanda olmadığı için, uygun şekilde birleştirilerek tasarımda etkili olan kuvvetler ve yer değiştirmeler bulunur. [5]

SAP2000 programında önce Function kısmından davranış spektrumu (Response Spectrum) oluşturuldu. TSC-2018 olarak seçilen Response Spectrum'da S_S=0,863, S_1=0,243, Zemin Sınıfı=ZB parametreleri kabul edilerek yatay elastik tasarım spektrumu oluşturuldu.

Daha sonra yük durumları (Load Case) tanımlandı. Her iki doğrultuda E_x, E_y deprem tanımı yapıldı. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde olduğu gibi burda da kütle dağılımının düzgün olmaması durumunu göz önüne almak için +0,05 ve -0,05'lik dış merkezlikler her iki doğrultuda da etkiyecek şekilde E_x(p), E_x(n), E_y(p), E_y(n) Load Case'leri oluşturuldu.

Yük tanımlama esnasında tasarım spektrumunu elastik spektral ivmeye çevirirken hesaba yerçekimi ivmesi (g), taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R), bina önem katsayısı (I) hesaba katılmadığı için Scale Factor değeri 1,401 olarak kabul edildi. [1]

$$V_t = m_t \times S_{aR} = m_t \times \frac{S_{ae}}{R_a} = m_t \times S_{ae} \times g \times \frac{I}{R}$$

$$Scale\ Factor = 9{,}81 \times \frac{1}{7} = 1{,}401$$

Taban kesme kuvveti değeri bu yük durumlarından en büyük olanı seçilmiştir. Sistemlerin üst katında belirlenen bir noktadaki yer değiştirme değerleri bu yük durumlarından en büyüğü olarak belirlenmiştir Sistem simetrik olduğu için X ve Y doğrultularındaki sonuçlar eşit elde edilmiş olup, bu yüzden bir doğrultu sonuçları verilmiştir.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde yapılan kabuller basit olduğu için yönetmeliklerde esas alınmıştır. Bu yüzden iki yöntemin sonuçlarının karşılaştırılması önerilir. Bu karşılaştırmada $V_{tx} < \gamma_E V_{tE}$ olursa, değerler $\beta_E = \gamma_E \times (V_{tE}/V_{tx})$ ile büyütülür. Sistemlerde herhangi bir düzensizlik bulunmadığı için γ_E=0,80 alınmıştır. [5]

7.2.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

SAP2000'de X ve Y doğrultuları için tanımlanmış yük durumlarının Scale Factor kısmına 1,401 girilerek azaltma tanımlandı ve azaltılmış taban kesme kuvvetleri okundu. SAP2000'de tepe yer değiştirmesi için okunan değer azaltılmış değer olduğu için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ile çarpılarak (R=7) azaltılmamış değer elde edilmiştir. [12]

$V_{tx}^{(X)}$=1183,70 kN

TBDY 4.8.4 uyarınca $V_{tx}^{(X)} \geq 0{,}8 \times V_{tE}^{(X)}$ koşulu sağlanmalıdır.

1183,70>0,8×1383,90=1107,12 kN eşitlik sağlandığı için Scale Factor değiştirilmemiştir.

Azaltılmamış $V_{tx}^{(X)}$=1183,70×7=8285,87 kN

Azaltılmış u_{tepe}=0,87 cm Azaltılmamış u_{tepe}=0,87×7=6,09 cm

7.2.2 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Mod Birleştirme Yöntemi 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin aynısı olup, bütün sistemlerde sadece hesap adımları gösterilmiştir.

$V_{tx}^{(X)}$=1160,49 kN

$V_{tx}^{(X)} \geq 0{,}8 \times V_{tE}^{(X)}$ Kontrolü:

1160,49>0,8×1321,70=1057,36 kN eşitlik sağlandığı için Scale Factor değiştirilmemiştir.

Azaltılmamış $V_{tx}^{(X)}$=1160,49×7=8123,44 kN

Azaltılmış u_{tepe}=0,93 cm Azaltılmamış u_{tepe}=0,93×7=6,51 cm

7.2.3 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

$V_{tx}^{(X)}$=1168,35 kN

$V_{tx}^{(X)} \geq 0{,}8 \times V_{tE}^{(X)}$ Kontrolü:

1168,35<0,8×1862,82=1490,26 kN eşitlik sağlanmadığı için Scale Factor değeri β_E değeri ile arttırılmıştır.

$$\beta_E = 0{,}8 \times \frac{V_{tE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} = 0{,}8 \times \frac{1862{,}82}{1168{,}35} = 1{,}276$$

Scale Factor değeri 1,401'den 1,401×1,276=1,787'e çıkarılmış ve taban kesme kuvveti okunmuştur.

$V_{tx}^{(X)}$=1490,26 kN Azaltılmamış $V_{tx}^{(X)}$=1490,26×7=10431,8 kN

Azaltılmış u_{tepe}=2,09 cm Azaltılmamış u_{tepe}=2,09×7=14,63 cm

7.2.4 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

$V_{tx}^{(X)}$=1120,32 kN

$V_{tx}^{(X)} \geq 0{,}8 \times V_{tE}^{(X)}$ Kontrolü:

1120,32<0,8×1862,82=1490,26 kN eşitlik sağlanmadığı için Scale Factor değeri β_E değeri ile arttırılmıştır.

$$\beta_E = 0{,}8 \times \frac{V_{tE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} = 0{,}8 \times \frac{1862{,}82}{1120{,}32} = 1{,}330$$

Scale Factor değeri 1,401'den 1,401×1,330=1,864'e çıkarılmış ve taban kesme kuvveti okunmuştur.

$V_{tx}^{(X)}$=1490,26 kN Azaltılmamış $V_{tx}^{(X)}$=1490,26×7=10431,8 kN

Azaltılmış u_{tepe}=2,35 cm Azaltılmamış u_{tepe}=2,35×7=16,45 cm

7.2.5 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

$V_{tx}^{(X)}$=1085,91 kN

$V_{tx}^{(X)} \geq 0{,}8 \times V_{tE}^{(X)}$ Kontrolü:

1085,91<0,8×2484,18=1987,34 kN eşitlik sağlanmadığı için Scale Factor değeri β_E değeri ile arttırılmıştır.

$$\beta_E = 0{,}8 \times \frac{V_{tE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} = 0{,}8 \times \frac{2484{,}18}{1085{,}91} = 1{,}830$$

Scale Factor değeri 1,401'den 1,401×1,830=2,564'e çıkarılmış ve taban kesme kuvveti okunmuştur.

$V_{tx}^{(X)}$=1987,34 kN Azaltılmamış $V_{tx}^{(X)}$=1987,34×7=13911,40 kN

Azaltılmış u_{tepe}=4,41 cm Azaltılmamış u_{tepe}=4,41×7=30,87 cm

7.2.6 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

$V_{tx}^{(X)}$=1049,50 kN

$V_{tx}^{(X)} \geq 0{,}8 \times V_{tE}^{(X)}$ Kontrolü:

1049,50<0,8×2484,18=1987,34 kN eşitlik sağlanmadığı için Scale Factor değeri β_E değeri ile arttırılmıştır.

$$\beta_E = 0{,}8 \times \frac{V_{tE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} = 0{,}8 \times \frac{2484{,}18}{1049{,}50} = 1{,}894$$

Scale Factor değeri 1,401'den 1,401×1,894=2,653'e çıkarılmış ve taban kesme kuvveti okunmuştur.

$V_{tx}^{(X)}$=1987,34 kN Azaltılmamış $V_{tx}^{(X)}$=1987,34×7=13911,40 kN

Azaltılmış u_{tepe}=5,41 cm Azaltılmamış u_{tepe}=5,41×7=37,87 cm

7.2.7 Sonuçların Karşılaştırılması

Bu bölümde toplam altı sistemin Mod Birleştirme Yöntemi'nden elde edilen azaltılmış taban kesme kuvveti, azaltılmamış tepe yer değiştirmesi, azaltılmış taban kesme kuvvetinin toplam ağırlığa oranı ve tepe yer değiştirmenin bina yüksekliğe oranı değerleri Tablo 7.7'de verilmiş, karşılaştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Bunlara ek olarak sistemlerde yer değiştirme ve yatay yer değiştirme/bina yüksekliği kontrolü el hesabı ile yapılmış, bulunan bu değerler program verileriyle karşılaştırılmıştır. [12]

Tablo 7.7 Mod Birleştirme Yönteminin Bütün Sistemlerle Karşılaştırılması

Mod Birleştirme Yöntemi Yapısal Analiz Sonuçları (X-X, Y-Y Doğrultusu)				
Sistem	**Azaltılmış Taban Kesme Kuvveti (kN)**	**Azaltılmamış Deprem Yükü Altındaki Yatay Yer Değiştirme (cm)**	**Azaltılmış Taban Kesme Kuvveti/Toplam Ağırlık Oranı (%)**	**Azaltılmamış Yatay Yer Değiştirme/Bina Yüksekliği (‰)**
8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	1183,70	6,09	2,97	2,38
8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	1160,49	6,51	2,92	2,54
12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	1490,26	14,63	2,49	3,81
12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	1490,26	16,45	2,49	4,28
16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	1987,34	30,87	2,49	6,03
16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	1987,34	37,87	2,49	7,40

8 katlı sistemlerde $V_{tx}^{(X)} \geq 0{,}8 \times V_{tE}^{(X)}$ koşulu sağlandığı için Scale Faktör değeri değiştirilmemiştir, spektrumdan okunan değer etkili olmuştur. 8 katlı kabuk perdeli sistemin periyodunun 8 katlı çubuk perdeli sisteme göre artmasına bağlı olarak $V_{tx}^{(X)}$ azalmış, bunun sonuncunda $V_{tE}^{(X)}/m_t g$ değeri azalmıştır.

12 ve 16 katlı sistemlerde $V_{tx}^{(X)} \geq 0{,}8 \times V_{tE}^{(X)}$ koşulu sağlanmadığından spektrum değeri Scale Faktör değeri arttırılarak $0{,}8 \times V_{tE}^{(X)}$'e eşitlenmiştir. $V_{tE}^{(X)}$ değerleri minimum şarttan geldiği için $V_{tE}^{(X)}/m_t g = 0{,}8 \times 0{,}04 I S_{DS} = 0{,}8 \times 0{,}04 \times 1 \times 0{,}777 = 0{,}0249$ (%2,49) bulunmuştur.

Kat adedi arttıkça sistemlerin tepe yer değiştirmesi değeri artmıştır. Bina yüksekliğinin de artmasına rağmen kat adedinin artmasıyla yatay yer değiştirme/bina yüksekliği oranı artmıştır. Bunun yanında çubuk perdeli sistemlerin tepe yatay yer değiştirme değeri kabuk perdeli sisteme göre daha düşüktür. Bu yüzden çubuk perdeli sistemlerin yatay yer değiştirme/bina yüksekliği oranı kabuk perdeli sisteme göre daha düşüktür.

8 ve 12 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Yer Değiştirme Yaklaşık Hesap Kontrolü:

$W_8 = 39803{,}68$ kN $\quad V_{t8} = 1183{,}70$ kN

$W_{12} = 59959{,}52$ kN $\quad V_{t12} = 1490{,}76$ kN

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \qquad 0{,}799 = 2\pi\sqrt{\frac{W_8}{g\times K_8}};\ 1{,}459 = 2\pi\sqrt{\frac{W_{12}}{g\times K_{12}}}$$

$$\frac{W_8}{K_8} = 0{,}16\ ;\ \frac{W_{12}}{K_{12}} = 0{,}53$$

(K_8 ve K_{12} yaklaşık bir öteleme rijitliğidir.)

$$\frac{K_8}{K_{12}} = \frac{W_8}{0{,}16}\times\frac{0{,}53}{W_{12}} = \frac{39803{,}68}{0{,}16}\times\frac{0{,}53}{59959{,}52} = 2{,}20 \qquad K_8=2{,}20K_{12}$$

$$u = \frac{V_t}{K}$$

$$u_8 = \frac{V_{t8}}{K_8} = \frac{1183{,}70}{248773} = 4{,}758\times10^{-3} \qquad u_{12} = \frac{V_{t12}}{K_{12}} = \frac{1490{,}76}{113131{,}17} = 0{,}0132$$

$$\frac{u_{12}}{u_8} = \frac{0{,}0132}{4{,}758\times10^{-3}} = 2{,}77 \qquad u_{12}=2{,}77u_8$$

8 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 6,09 cm

12 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 14,63 cm

$2{,}77u_8=2{,}77\times6{,}09=16{,}87$ cm ~ 14,63 cm (Aradaki fark: 2,24 cm)

8 ve 16 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Yer Değiştirme Yaklaşık Hesap Kontrolü:

$W_8=39803{,}68$ kN $\quad V_{t8}=1183{,}70$ kN

$W_{16}=79959{,}36$ kN $\quad V_{t16}=1987{,}34$ kN

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \qquad 0{,}799 = 2\pi\sqrt{\frac{W_8}{g\times K_8}};\ 2{,}176 = 2\pi\sqrt{\frac{W_{16}}{g\times K_{16}}}$$

$$\frac{W_8}{K_8} = 0{,}16\ ;\ \frac{W_{16}}{K_{16}} = 1{,}18$$

(K_8 ve K_{16} yaklaşık bir öteleme rijitliğidir.)

$$\frac{K_8}{K_{16}} = \frac{W_8}{0{,}16}\times\frac{1{,}18}{W_{16}} = \frac{39803{,}68}{0{,}16}\times\frac{1{,}18}{79959{,}36} = 3{,}67 \qquad K_8=3{,}67K_{16}$$

$$u = \frac{V_t}{K}$$

$u_8 = \frac{V_{t8}}{K_8} = \frac{1183,70}{248773} = 4,758 \times 10^{-3}$ $u_{16} = \frac{V_{t16}}{K_{16}} = \frac{1987,34}{67762,17} = 0,0293$

$\frac{u_{16}}{u_8} = \frac{0,0293}{4,758\times10^{-3}} = 6,16$ $u_{16}=6,16u_8$

8 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 6,09 cm

16 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 30,87 cm

$6,16u_8=6,16\times6,09=37,51$ cm ~ 30,87 cm (Aradaki fark: 6,64 cm)

8 ve 12 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Yer Değiştirme Yaklaşık Hesap Kontrolü:

$W_8=39803,68$ kN $V_{t8}=1160,49$ kN

$W_{12}=59959,52$ kN $V_{t12}=1490,26$ kN

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $0,836 = 2\pi\sqrt{\frac{W_8}{g\times K_8}};\ 1,557 = 2\pi\sqrt{\frac{W_{12}}{g\times K_{12}}}$

$\frac{W_8}{K_8} = 0,17\ ;\ \frac{W_{12}}{K_{12}} = 0,60$

(K_8 ve K_{12} yaklaşık bir öteleme rijitliğidir.)

$\frac{K_8}{K_{12}} = \frac{W_8}{0,17}\times\frac{0,60}{W_{12}} = \frac{39803,68}{0,17}\times\frac{0,60}{59959,52} = 2,34$ $K_8=2,34K_{12}$

$u = \frac{V_t}{K}$

$u_8 = \frac{V_{t8}}{K_8} = \frac{1160,49}{234139,29} = 4,956 \times 10^{-3}$ $u_{12} = \frac{V_{t12}}{K_{12}} = \frac{1490,26}{99932,53} = 0,0149$

$\frac{u_{12}}{u_8} = \frac{0,0149}{4,956\times10^{-3}} = 3,01$ $u_{12}=3,01u_8$

8 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 6,51 cm

12 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 16,45 cm

$3,01u_8=3,01\times6,51=19,60$ cm ~ 16,45 cm (Aradaki fark: 3,15 cm)

8 ve 16 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Yer Değiştirme Yaklaşık Hesap Kontrolü:

W_8=39803,68 kN V_{t8}=1160,49 kN

W_{16}=79959,36 kN V_{t16}=1987,34 kN

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $0{,}836 = 2\pi\sqrt{\frac{W_8}{g\times K_8}};\ 2{,}346 = 2\pi\sqrt{\frac{W_{16}}{g\times K_{16}}}$

$\frac{W_8}{K_8} = 0{,}17\ ;\ \frac{W_{16}}{K_{16}} = 1{,}37$

(K_8 ve K_{16} yaklaşık bir öteleme rijitliğidir.)

$\frac{K_8}{K_{16}} = \frac{W_8}{0{,}17}\times\frac{1{,}37}{W_{16}} = \frac{39803{,}68}{0{,}17}\times\frac{1{,}37}{79959{,}36} = 4{,}01$ K_8=4,01K_{16}

$u = \frac{V_t}{K}$

$u_8 = \frac{V_{t8}}{K_8} = \frac{1160{,}49}{234139{,}29} = 4{,}956\times10^{-3}$ $u_{16} = \frac{V_{t16}}{K_{16}} = \frac{1987{,}34}{58364{,}50} = 0{,}0341$

$\frac{u_{16}}{u_8} = \frac{0{,}0341}{4{,}956\times10^{-3}} = 6{,}88$ u_{16}=6,88u_8

8 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 6,51 cm

16 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin yer değiştirmesi: 37,87 cm

6,88u_8=6,88×6,51=44,79 cm ~ 37,87 cm (Aradaki fark: 6,92 cm)

8 ve 12 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Yatay Yer Değiştirme/Bina Yüksekliği Yaklaşık Hesap Kontrolü:

$\frac{u_{12}}{H_{12}} = \frac{2{,}77u_8}{1{,}5H_8} = 1{,}85\frac{u_8}{H_8}$

$\frac{u_{12}}{H_{12}} = 1{,}85\times2{,}38 = ‰\mathbf{4{,}40} \sim ‰\mathbf{3{,}81}$ (Aradaki fark: ‰0,59)

8 ve 16 Katlı Çubuk Perdeli Sistemin Yatay Yer Değiştirme/Bina Yüksekliği Yaklaşık

Hesap Kontrolü:

$$\frac{u_{16}}{H_{16}} = \frac{6{,}16u_8}{2H_8} = 3{,}08\frac{u_8}{H_8}$$

$$\frac{u_{16}}{H_{16}} = 3{,}08 \times 2{,}38 = ‰\mathbf{7,33} \sim ‰\mathbf{6,03}\ \text{(Aradaki fark: ‰1,30)}$$

8 ve 12 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Yatay Yer Değiştirme/Bina Yüksekliği Yaklaşık Hesap Kontrolü:

$$\frac{u_{12}}{H_{12}} = \frac{3{,}01u_8}{1{,}5H_8} = 2{,}01\frac{u_8}{H_8}$$

$$\frac{u_{12}}{H_{12}} = 2{,}01 \times 2{,}54 = ‰\mathbf{5,11} \sim ‰\mathbf{4,28}\ \text{(Aradaki fark: ‰0,83)}$$

8 ve 16 Katlı Kabuk Perdeli Sistemin Yatay Yer Değiştirme/Bina Yüksekliği Yaklaşık Hesap Kontrolü:

$$\frac{u_{16}}{H_{16}} = \frac{6{,}88u_8}{2H_8} = 3{,}44\frac{u_8}{H_8}$$

$$\frac{u_{16}}{H_{16}} = 3{,}44 \times 2{,}54 = ‰\mathbf{8,74} \sim ‰\mathbf{7,40}\ \text{(Aradaki fark: ‰1,34)}$$

Yapılan kontrollerde, 8 Katlı sistemlerin, 12 ve 16 Katlı sistemlere göre daha rijit olduğu ve bunun sonucunda yapılan yer değiştirmelerin 12 ve 16 Katlıya göre daha az olduğu görülmüştür. Yapılan yer değiştirmeler arasında 2,24~6,92 cm arasında fark görülmüştür. Yatay Yer Değiştirme/Bina Yüksekliği arasında ise ‰0,59~1,34 arası fark gözlenmiştir. Kat sayısı arttıkça ve çubuk perdeli modelden kabuk perdeli modele geçildiğinde aradaki farkın arttığı görülmektedir.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde yapılan kontrollerde aradaki farkların, Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre daha az olduğu görülmüştür.

7.3 PERDE VE KOLONLARIN KESME KUVVETİ VE EĞİLME MOMENTİNİN YÜKSEKLİK BOYUNCA DEĞİŞİMİ

Bu bölümde Mod Birleştirme Yöntemi'nden elde edilen taban kesme kuvvetinin katlarda bulunan perde ve kolonlara nasıl dağıldığını, bu kesme kuvvetlerinden oluşan eğilme momenti değerleri E_x yük durumunda Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde olduğu gibi incelenmiştir. Sistemlerde bulunan kolonlarda kat kesme kuvveti değeri sabit kalarak değişim gösterir. Yani kesme kuvveti değeri kolonun her noktasında aynı değerdedir. Eğilme momentindeki değişimde alt ve üst uçta pozitiftir. Çünkü spektrum tanımından dolayı işaret gözetmeksizin değerler daima pozitif olarak gözlenir. Bodrum katta çevre perdeleri etkili olduğu için yükselen perdelerin etkisinin azaldığı görülür. Sistemlerde bodrum katta çevre perdesi bulunduğundan perde ve kolonların etkileri çevre perdesi içinde azalım gösterir. Bu sebepten bu tür perdelerde kritik boy bodrum tavanı üzerinden tarif edilir. [5]

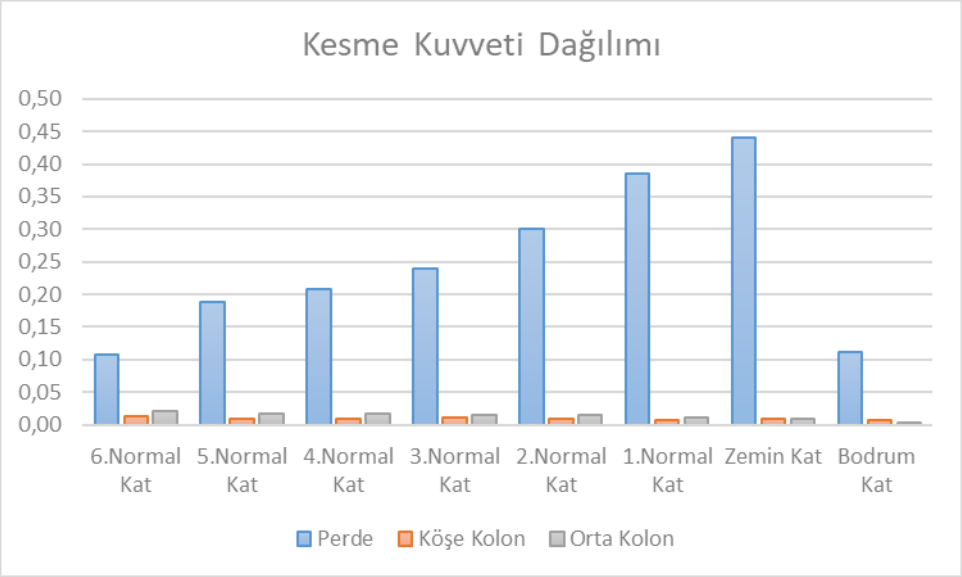
7.3.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

Tablo 7.8 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri

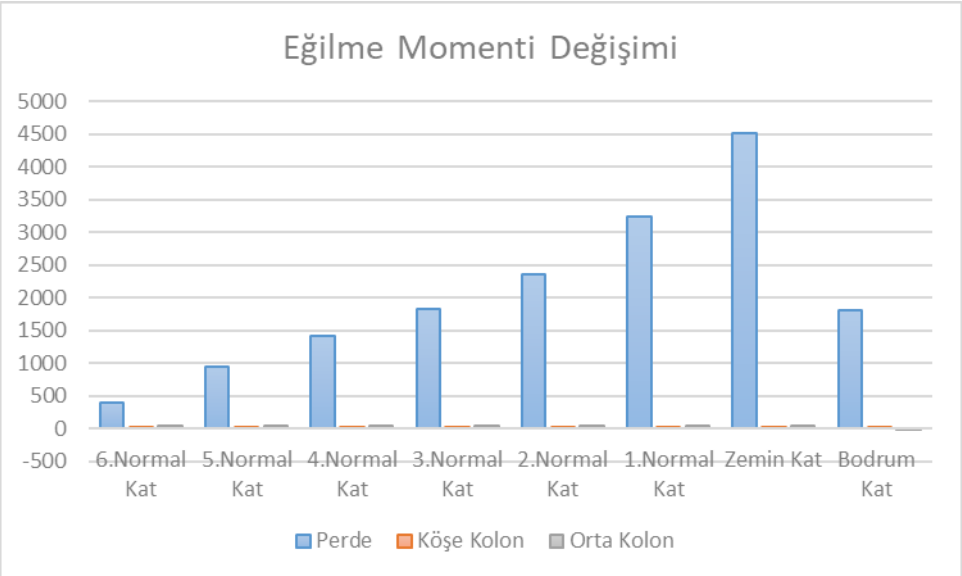
8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem													
Perde No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)
P101-P102-P103-P104	6.Normal Kat	128,08	0,1082	406,95	S101-S102-S107-S108	6.Normal Kat	15,90	0,0134	21,42	S103-S104-S105-S106	6.Normal Kat	24,21	0,0205	33,44
	5.Normal Kat	223,97	0,1892	943,32		5.Normal Kat	11,40	0,0096	18,91		5.Normal Kat	19,09	0,0161	31,04
	4.Normal Kat	246,44	0,2082	1425,79		4.Normal Kat	11,27	0,0095	17,58		4.Normal Kat	19,86	0,0168	32,37
	3.Normal Kat	283,19	0,2392	1833,87		3.Normal Kat	12,87	0,0109	20,82		3.Normal Kat	18,83	0,0159	31,56
	2.Normal Kat	356,96	0,3016	2361,39		2.Normal Kat	10,83	0,0092	19,22		2.Normal Kat	17,21	0,0145	29,88
	1.Normal Kat	456,65	0,3858	3247,06		1.Normal Kat	7,94	0,0067	14,48		1.Normal Kat	14,09	0,0119	25,91
	Zemin Kat	522,46	0,4414	4516,30		Zemin Kat	11,19	0,0095	26,71		Zemin Kat	11,52	0,0097	24,74
	Bodrum Kat	132,65	0,1121	1811,37		Bodrum Kat	8,57	0,0072	7,98		Bodrum Kat	3,61	0,0030	1,94

İncelenen etkilerde, taban kesme kuvveti dağılımında perdenin kolonlara göre daha çok kesme kuvveti aldığı görülür. Örnek olarak Tablo 7.8'de zemin katta bulunan perdenin kesme kuvveti değeri 522,46 kN iken kolonlarda oluşan kesme kuvveti değeri, bu değerin 1/46~1/45 civarlarında olduğu görülür. Bunun sebebi, kuvvetler elamanların rijitlikleri ile orantılı dağıtıldığı için perdenin rijitliği kolonun yanında çok daha büyük olduğundan kesme kuvveti değeri kolona göre daha büyüktür. Eğilme momenti değeri incelenecek olursa zemin katta bulunan perdedeki eğilme momenti değeri 4516,30 kNm iken kolonlarda oluşan eğilme momenti, bu değerin 1/169~1/182 civarlarında olduğu görülür. Perdelerin kesiti kolonlara göre daha büyük olduğu için ataleti de daha büyük olacaktır ve bunun sonucunda eğilme momenti değeri kolonlara göre daha büyüktür. Perde etkilerinin kat yüksekliğine göre incelenmesi durumunda perdenin konsol kolon olarak davrandığı görülür. Alt katlara inildikçe kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin arttığı tablodan görülmektedir. Perdede oluşan

en büyük etkiler zemin kat tabanında oluşmuştur. Çünkü bodrum katta bulunan çevre perdesinin varlığı perdeden gelen etkilerin önemli kısmını karşılar. Bunun sonucunda etkiler azalır. Kesme kuvveti ve eğilme momenti büyük bir ölçüde azalım gösterir. Kolonlarda ise bu durum kesme kuvveti değeri belirli değerlerde değişim gösterir. Örneğin S101 kolonunun kat yüksekliği boyunca kesme kuvveti değişimi 15,90~7,94 kN arasındadır. Kolonların tabanında pozitif moment oluştuğu görülür. Çevre perdesinin varlığı kolonların da etkili olmasını azaltır. Genellikle yüksek katlarda sistemin ortasında bulunan kolonlar, köşe kolonlara göre daha çok kesme kuvveti ve eğilme momenti almıştır.



Şekil 7.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı



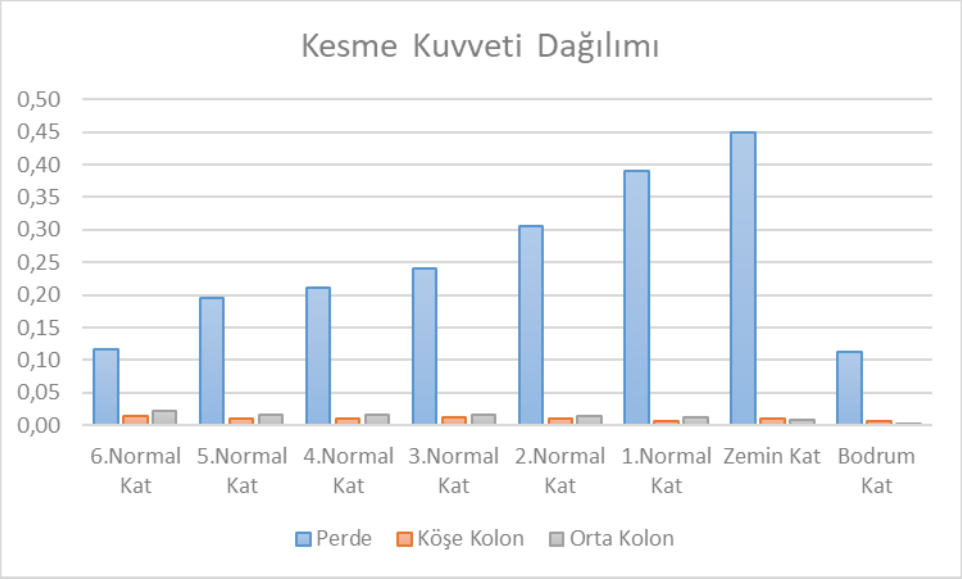
Şekil 7.2 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi

7.3.2 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

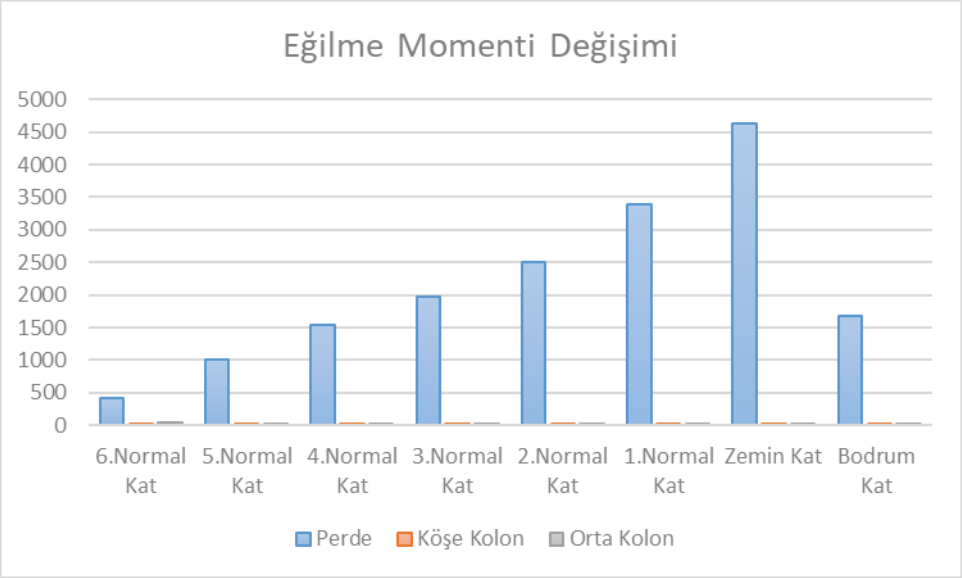
Tablo 7.9 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri

8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem													
Perde No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)
P101-P102-P103-P104	6.Normal Kat	134,88	0,1162	420,56	S101-S102-S107-S108	6.Normal Kat	15,72	0,0135	21,87	S103-S104-S105-S106	6.Normal Kat	24,78	0,0213	34,23
	5.Normal Kat	226,42	0,1951	1013,73		5.Normal Kat	11,70	0,0101	19,30		5.Normal Kat	18,61	0,0160	30,62
	4.Normal Kat	244,62	0,2108	1538,84		4.Normal Kat	11,33	0,0098	17,83		4.Normal Kat	19,57	0,0169	32,06
	3.Normal Kat	279,32	0,2407	1973,46		3.Normal Kat	12,95	0,0112	21,07		3.Normal Kat	18,36	0,0158	31,08
	2.Normal Kat	354,73	0,3057	2509,95		2.Normal Kat	10,75	0,0093	19,23		2.Normal Kat	16,66	0,0144	29,24
	1.Normal Kat	453,44	0,3907	3381,08		1.Normal Kat	8,29	0,0071	15,44		1.Normal Kat	13,76	0,0119	25,86
	Zemin Kat	521,10	0,4490	4633,32		Zemin Kat	10,74	0,0093	26,14		Zemin Kat	10,37	0,0089	23,51
	Bodrum Kat	130,77	0,1127	1676,22		Bodrum Kat	8,14	0,0070	7,60		Bodrum Kat	3,61	0,0031	2,10

İncelenen bu sistemde ve bu bölümden sonraki sistemlerde etkiler 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sisteme benzer olduğu için sadece sayısal incelemeler gösterilmiştir. Tablo 7.9'da zemin katta bulunan perdenin kesme kuvveti değeri 521,10 kN iken kolonlarda oluşan kesme kuvveti değeri, bu değerin 1/48~1/50 civarlarında olduğu görülür. Zemin katta bulunan perdedeki eğilme momenti değeri 4633,32 kNm iken kolonlarda oluşan eğilme momenti, bu değerin 1/177~1/197 civarlarında olduğu görülür. S101 kolonunun kat yüksekliği boyunca kesme kuvveti değişimi 15,72~8,14 kN arasındadır. Genellikle yüksek katlarda sistemin ortasında bulunan kolonlar, köşe kolonlara göre daha çok kesme kuvveti ve eğilme momenti almıştır. 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde oluşan etkilerin 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli sisteme göre daha fazla olduğu görülür. Kabuk perdeli sistemdeki çevre perdesinden dolayı oluşan azalım oranı çubuk perdeli sisteme göre daha fazladır. (Çubuk perdeli sistemde azalım %59,9 iken kabuk perdeli sistem de %63,8'dir.)



Şekil 7.3 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı



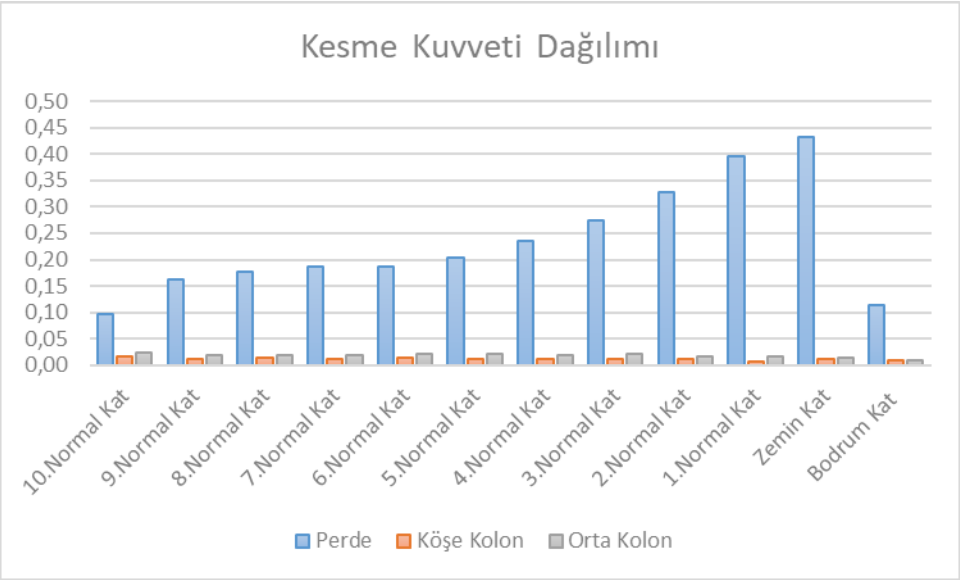
Şekil 7.4 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi

7.3.3 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

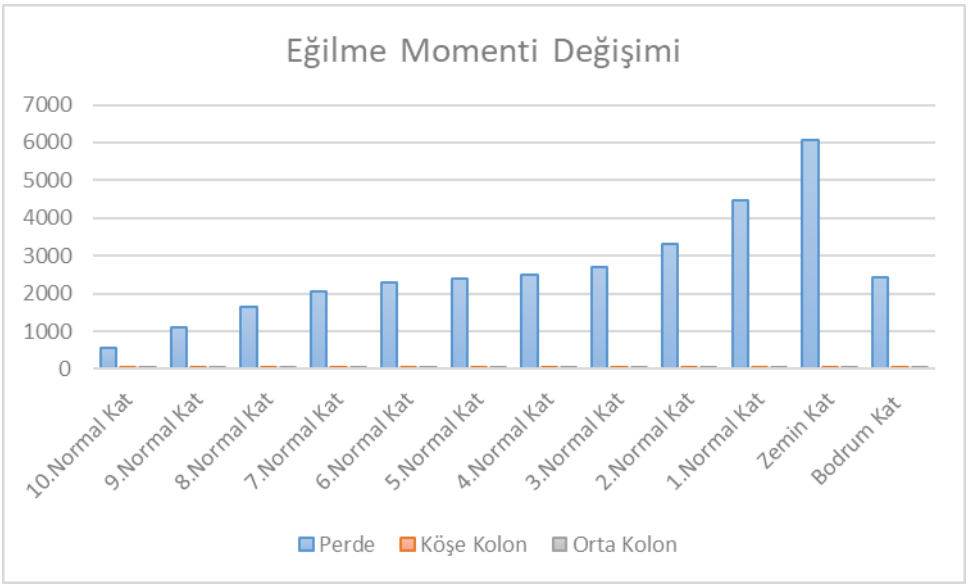
Tablo 7.10 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri

12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem													
Perde No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)
P101-P102-P103-P104	10.Normal Kat	144,15	0,0967	541,45	S101-S102-S107-S108	10.Normal Kat	25,52	0,0171	33,25	S103-S104-S105-S106	10.Normal Kat	35,24	0,0236	48,57
	9.Normal Kat	242,76	0,1629	1104,25		9.Normal Kat	17,38	0,0117	28,51		9.Normal Kat	27,78	0,0186	44,64
	8.Normal Kat	263,65	0,1769	1642,86		8.Normal Kat	19,61	0,0132	31,16		8.Normal Kat	29,87	0,0200	47,68
	7.Normal Kat	278,04	0,1866	2040,10		7.Normal Kat	18,12	0,0122	28,34		7.Normal Kat	28,35	0,0190	44,55
	6.Normal Kat	277,74	0,1864	2278,35		6.Normal Kat	21,06	0,0141	33,48		6.Normal Kat	33,07	0,0222	52,64
	5.Normal Kat	303,96	0,2040	2400,41		5.Normal Kat	19,15	0,0129	32,09		5.Normal Kat	30,86	0,0207	51,47
	4.Normal Kat	350,32	0,2351	2484,98		4.Normal Kat	18,94	0,0127	32,20		4.Normal Kat	28,68	0,0192	47,38
	3.Normal Kat	409,39	0,2747	2712,80		3.Normal Kat	16,68	0,0112	28,79		3.Normal Kat	31,47	0,0211	54,19
	2.Normal Kat	489,98	0,3288	3324,85		2.Normal Kat	17,93	0,0120	33,61		2.Normal Kat	26,11	0,0175	49,44
	1.Normal Kat	590,26	0,3961	4481,15		1.Normal Kat	11,50	0,0077	25,79		1.Normal Kat	24,45	0,0164	52,16
	Zemin Kat	642,98	0,4315	6074,53		Zemin Kat	16,19	0,0109	44,00		Zemin Kat	22,27	0,0149	62,90
	Bodrum Kat	169,66	0,1138	2423,92		Bodrum Kat	13,92	0,0093	13,40		Bodrum Kat	15,22	0,0102	8,21

Tablo 7.10'da zemin katta bulunan perdenin kesme kuvveti değeri 642,98 kN iken kolonlarda oluşan kesme kuvveti değeri, bu değerin 1/39~1/28 civarlarında olduğu görülür. Zemin katta bulunan perdedeki eğilme momenti değeri 6074,53 kNm iken kolonlarda oluşan eğilme momenti, bu değerin 1/138~1/96 civarlarında olduğu görülür. S101 kolonunun kat yüksekliği boyunca kesme kuvveti değişimi 25,52~11,50 kN arasındadır. Sistemin ortasında bulunan kolonlar, köşe kolonlara göre daha çok kesme kuvveti ve eğilme momenti (bodrum kat hariç) almıştır.



Şekil 7.5 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı



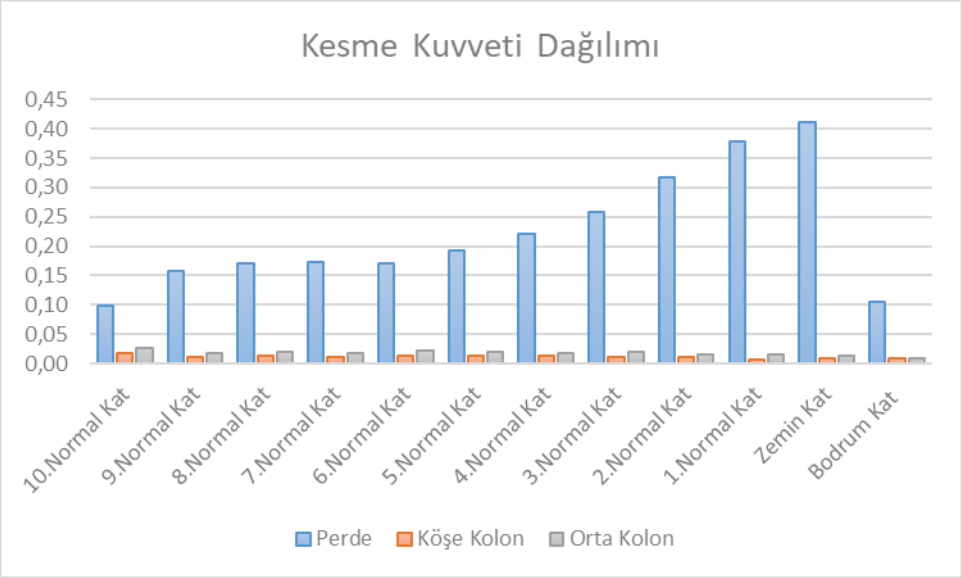
Şekil 7.6 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi

7.3.4 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

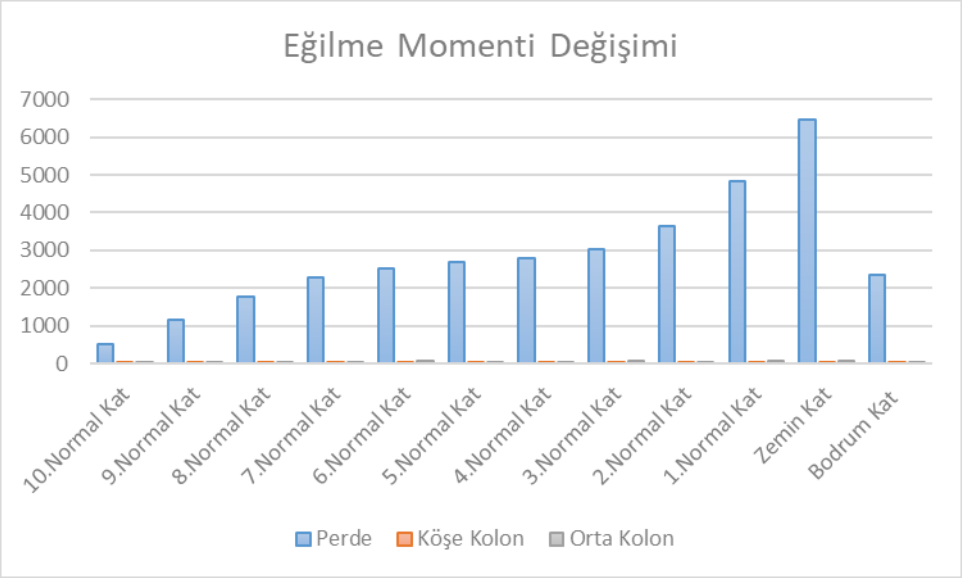
Tablo 7.11 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri

12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem													
Perde No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)
P101-P102-P103-P104	10.Normal Kat	145,34	0,0975	504,81	S101-S102-S107-S108	10.Normal Kat	26,97	0,0181	36,51	S103-S104-S105-S106	10.Normal Kat	38,67	0,0260	53,30
	9.Normal Kat	252,87	0,1583	1144,50		9.Normal Kat	19,05	0,0119	31,07		9.Normal Kat	28,98	0,0181	47,03
	8.Normal Kat	272,85	0,1708	1786,21		8.Normal Kat	21,09	0,0132	33,85		8.Normal Kat	31,56	0,0198	50,54
	7.Normal Kat	274,66	0,1719	2265,51		7.Normal Kat	19,34	0,0121	30,42		7.Normal Kat	29,46	0,0184	46,64
	6.Normal Kat	271,90	0,1702	2535,17		6.Normal Kat	22,32	0,0140	35,81		6.Normal Kat	34,29	0,0215	55,05
	5.Normal Kat	309,34	0,1936	2685,81		5.Normal Kat	20,06	0,0126	34,00		5.Normal Kat	31,57	0,0198	53,26
	4.Normal Kat	354,81	0,2221	2801,51		4.Normal Kat	19,67	0,0123	33,83		4.Normal Kat	29,15	0,0182	48,82
	3.Normal Kat	414,13	0,2592	3039,05		3.Normal Kat	17,32	0,0108	30,30		3.Normal Kat	31,76	0,0199	55,56
	2.Normal Kat	506,26	0,3169	3652,15		2.Normal Kat	18,41	0,0115	34,89		2.Normal Kat	26,11	0,0163	50,41
	1.Normal Kat	605,39	0,3789	4823,87		1.Normal Kat	12,55	0,0079	28,78		1.Normal Kat	25,26	0,0158	55,65
	Zemin Kat	658,70	0,4123	6452,84		Zemin Kat	15,84	0,0099	44,71		Zemin Kat	20,53	0,0128	63,02
	Bodrum Kat	166,57	0,1043	2333,63		Bodrum Kat	13,49	0,0084	13,00		Bodrum Kat	15,74	0,0099	9,04

Tablo 7.11'de zemin katta bulunan perdenin kesme kuvveti değeri 658,70 kN iken kolonlarda oluşan kesme kuvveti değeri, bu değerin 1/41~1/32 civarlarında olduğu görülür. Zemin katta bulunan perdedeki eğilme momenti değeri 6452,84 kNm iken kolonlarda oluşan eğilme momenti, bu değerin 1/144~1/102 civarlarında olduğu görülür. S101 kolonunun kat yüksekliği boyunca kesme kuvveti değişimi 26,97~12,55 kN arasındadır. Sistemin ortasında bulunan kolonlar, köşe kolonlara göre daha çok kesme kuvveti ve eğilme momenti (bodrum kat hariç) almıştır. 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde oluşan etkilerin 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli sisteme göre daha fazla olduğu görülür. Kabuk perdeli sistemdeki çevre perdesinden dolayı oluşan azalım oranı çubuk perdeli sisteme göre daha fazladır. (Çubuk perdeli sistemde azalım %60,1 iken kabuk perdeli sistem de %63,8'dir.)



Şekil 7.7 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı



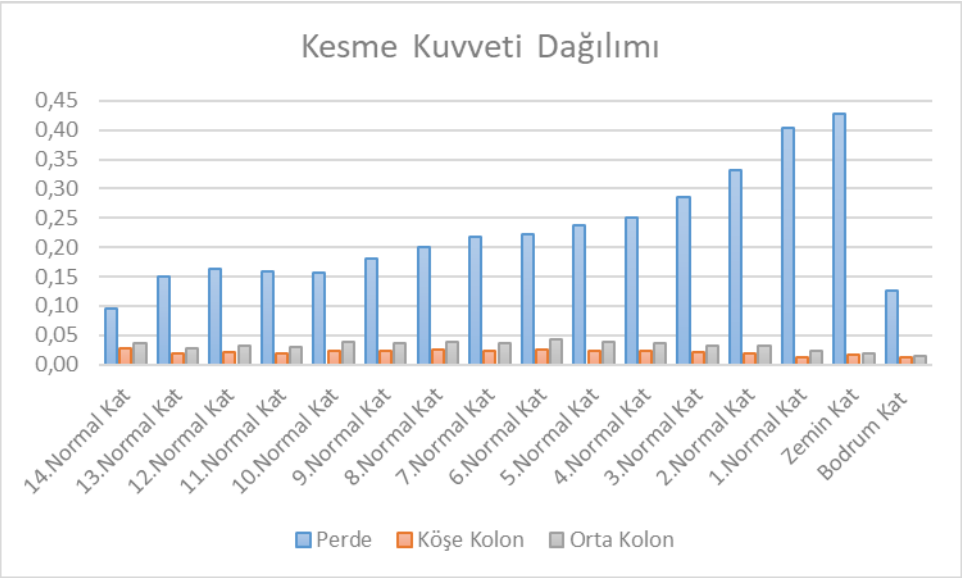
Şekil 7.8 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi

7.3.5 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem

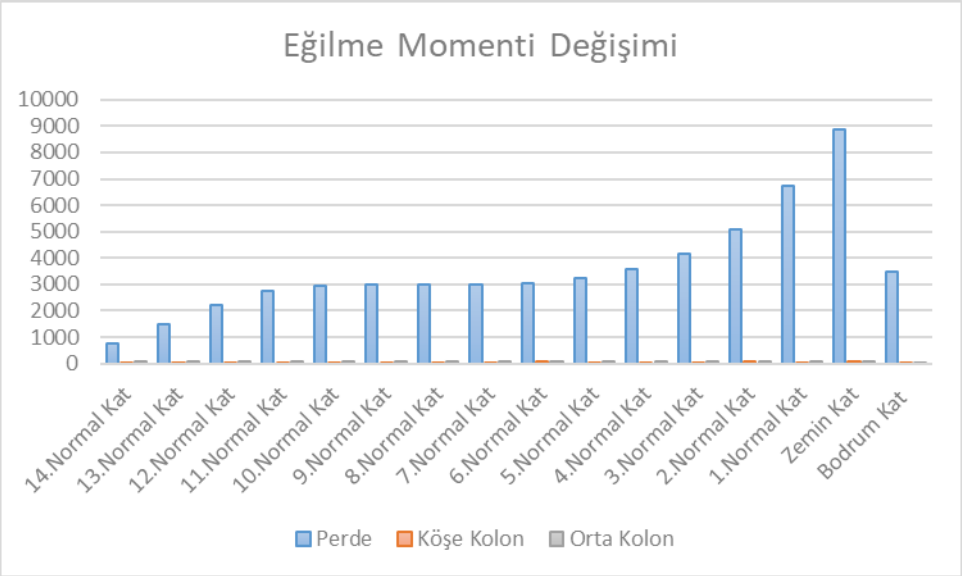
Tablo 7.12 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri

16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem														
Perde No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)
P101-P102-P103-P104	14.Normal Kat	188,27	0,0947	771,96	S101-S102-S107-S108	14.Normal Kat	36,25	0,0182	47,19	S103-S104-S105-S106	14.Normal Kat	49,77	0,0250	68,58
	13.Normal Kat	298,85	0,1504	1495,80		13.Normal Kat	24,66	0,0124	40,27		13.Normal Kat	39,23	0,0197	62,75
	12.Normal Kat	323,04	0,1625	2224,60		12.Normal Kat	28,21	0,0142	44,42		12.Normal Kat	42,67	0,0215	67,53
	11.Normal Kat	317,08	0,1596	2727,53		11.Normal Kat	26,49	0,0133	40,60		11.Normal Kat	41,14	0,0207	63,51
	10.Normal Kat	311,53	0,1568	2961,11		10.Normal Kat	31,68	0,0159	48,77		10.Normal Kat	49,43	0,0249	76,57
	9.Normal Kat	361,04	0,1817	3008,52		9.Normal Kat	30,20	0,0152	48,37		9.Normal Kat	47,74	0,0240	76,35
	8.Normal Kat	399,24	0,2009	2989,51		8.Normal Kat	31,28	0,0157	50,33		8.Normal Kat	49,21	0,0248	79,08
	7.Normal Kat	434,51	0,2186	2992,16		7.Normal Kat	29,56	0,0149	46,64		7.Normal Kat	47,00	0,0237	74,25
	6.Normal Kat	442,11	0,2225	3058,22		6.Normal Kat	33,49	0,0169	54,01		6.Normal Kat	53,57	0,0270	86,11
	5.Normal Kat	472,01	0,2375	3255,36		5.Normal Kat	30,77	0,0155	52,81		5.Normal Kat	49,74	0,0250	84,23
	4.Normal Kat	499,20	0,2512	3586,42		4.Normal Kat	29,83	0,0150	52,62		4.Normal Kat	48,21	0,0243	83,61
	3.Normal Kat	566,04	0,2848	4143,11		3.Normal Kat	26,78	0,0135	49,18		3.Normal Kat	43,59	0,0219	77,91
	2.Normal Kat	659,53	0,3319	5094,23		2.Normal Kat	27,42	0,0138	56,00		2.Normal Kat	44,12	0,0222	85,85
	1.Normal Kat	803,04	0,4041	6750,57		1.Normal Kat	17,46	0,0088	44,48		1.Normal Kat	32,62	0,0164	75,65
	Zemin Kat	848,94	0,4272	8883,69		Zemin Kat	26,59	0,0134	79,55		Zemin Kat	31,21	0,0157	89,87
	Bodrum Kat	250,48	0,1260	3501,09		Bodrum Kat	22,46	0,0113	22,34		Bodrum Kat	22,08	0,0111	12,14

Tablo 7.12'de zemin katta bulunan perdenin kesme kuvveti değeri 848,94 kN iken kolonlarda oluşan kesme kuvveti değeri, bu değerin 1/31~1/27 civarlarında olduğu görülür. Zemin katta bulunan perdedeki eğilme momenti değeri 8883,69 kNm iken kolonlarda oluşan eğilme momenti, bu değerin 1/111~1/98 civarlarında olduğu görülür. S101 kolonunun kat yüksekliği boyunca kesme kuvveti değişimi 36,25~17,46 kN arasındadır. Sistemin ortasında bulunan kolonlar, köşe kolonlara göre daha çok kesme kuvveti ve eğilme momenti (bodrum kat hariç) almıştır.



Şekil 7.9 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı



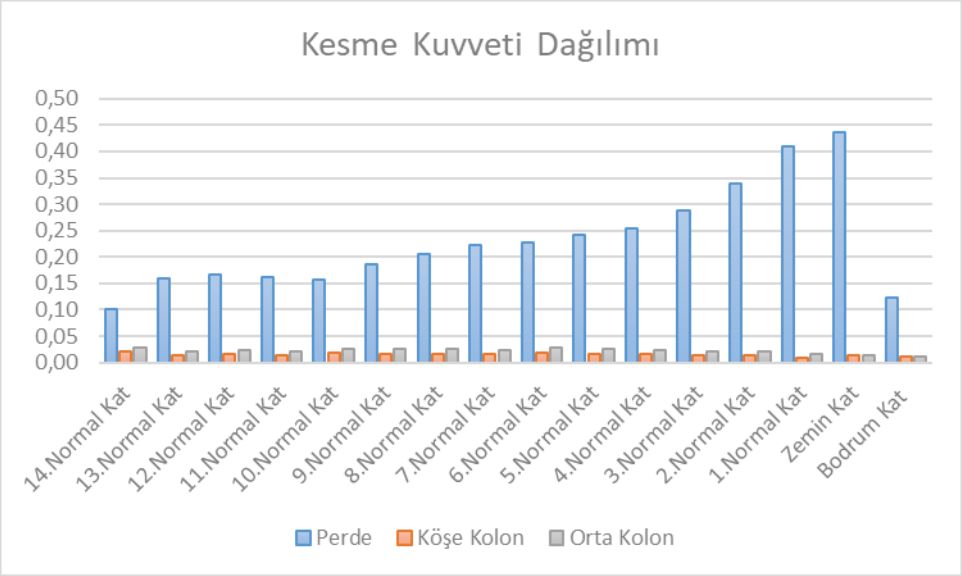
Şekil 7.10 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi

7.3.6 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem

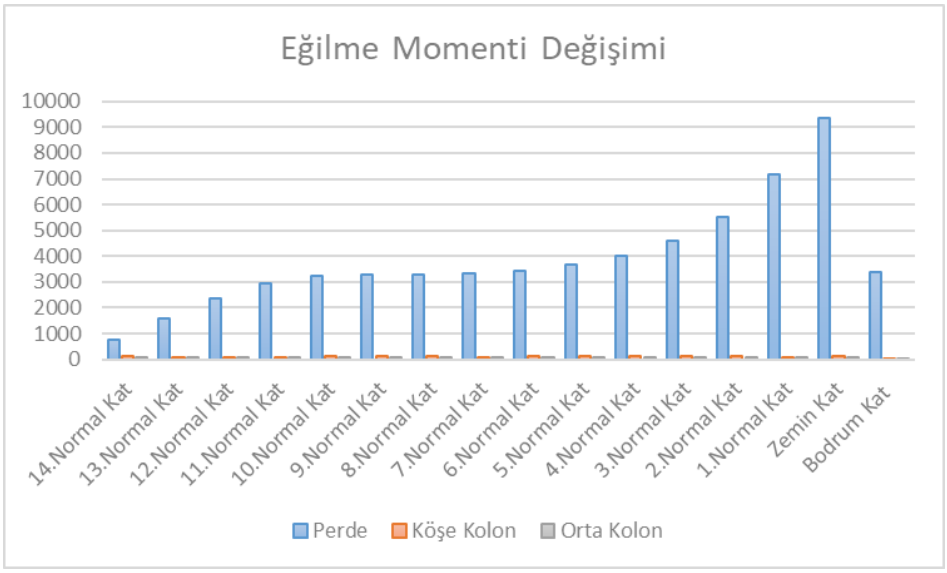
Tablo 7.13 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti Değerleri

16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem														
Perde No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)	Kolon No	Kat	V (kN)	V/V_t	M (kNm)
P101-P102-P103-P104	14.Normal Kat	199,62	0,1004	739,11	S101-S102-S107-S108	14.Normal Kat	39,32	0,0198	53,20	S103-S104-S105-S106	14.Normal Kat	55,28	0,0278	76,16
	13.Normal Kat	314,78	0,1584	1567,77		13.Normal Kat	27,70	0,0139	44,99		13.Normal Kat	41,40	0,0208	66,95
	12.Normal Kat	332,17	0,1671	2382,90		12.Normal Kat	31,09	0,0156	49,40		12.Normal Kat	45,59	0,0229	72,31
	11.Normal Kat	320,86	0,1615	2948,01		11.Normal Kat	28,96	0,0146	44,56		11.Normal Kat	43,23	0,0218	67,12
	10.Normal Kat	314,07	0,1580	3215,90		10.Normal Kat	34,39	0,0173	53,36		10.Normal Kat	51,86	0,0261	80,86
	9.Normal Kat	367,82	0,1851	3287,77		9.Normal Kat	32,31	0,0163	52,20		9.Normal Kat	49,40	0,0249	79,68
	8.Normal Kat	407,62	0,2051	3291,24		8.Normal Kat	33,26	0,0167	54,01		8.Normal Kat	50,69	0,0255	82,13
	7.Normal Kat	444,24	0,2235	3324,87		7.Normal Kat	31,03	0,0156	49,46		7.Normal Kat	47,90	0,0241	76,42
	6.Normal Kat	450,18	0,2265	3423,73		6.Normal Kat	35,06	0,0176	57,24		6.Normal Kat	54,50	0,0274	88,67
	5.Normal Kat	478,70	0,2409	3659,37		5.Normal Kat	31,72	0,0160	55,31		5.Normal Kat	49,95	0,0251	85,86
	4.Normal Kat	504,01	0,2536	4017,48		4.Normal Kat	30,67	0,0154	54,90		4.Normal Kat	48,28	0,0243	85,03
	3.Normal Kat	574,63	0,2891	4589,10		3.Normal Kat	27,32	0,0137	51,07		3.Normal Kat	43,30	0,0218	78,87
	2.Normal Kat	673,01	0,3386	5543,11		2.Normal Kat	27,99	0,0141	58,02		2.Normal Kat	43,87	0,0221	87,22
	1.Normal Kat	813,41	0,4093	7192,71		1.Normal Kat	18,85	0,0095	49,20		1.Normal Kat	33,03	0,0166	79,44
	Zemin Kat	868,00	0,4368	9342,49		Zemin Kat	25,87	0,0130	80,64		Zemin Kat	28,94	0,0146	89,90
	Bodrum Kat	244,52	0,1230	3365,38		Bodrum Kat	21,63	0,0109	21,53		Bodrum Kat	22,85	0,0115	13,46

Tablo 7.13'de zemin katta bulunan perdenin kesme kuvveti değeri 868,00 kN iken kolonlarda oluşan kesme kuvveti değeri, bu değerin 1/33~1/29 civarlarında olduğu görülür. Zemin katta bulunan perdedeki eğilme momenti değeri 9342,49 kNm iken kolonlarda oluşan eğilme momenti, bu değerin 1/115~1/103 civarlarında olduğu görülür. S101 kolonunun kat yüksekliği boyunca kesme kuvveti değişimi 39,32~18,85 kN arasındadır. Sistemin ortasında bulunan kolonlar, köşe kolonlara göre daha çok kesme kuvveti ve eğilme momenti (bodrum kat hariç) almıştır. 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde oluşan etkilerin 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli sisteme göre daha fazla olduğu görülür. Kabuk perdeli sistemdeki çevre perdesinden dolayı oluşan azalım oranı çubuk perdeli sisteme göre daha fazladır. (Çubuk perdeli sistemde azalım %60,6 iken kabuk perdeli sistem de %64,0'dır.)



Şekil 7.11 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Kesme Kuvveti Dağılımı



Şekil 7.12 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem Eğilme Momenti Değişimi

7.4 EŞDEPER DEPREM YÜKÜ VE MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde toplam altı sistemin Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden ve Mod Birleştirme Yöntemi'nden elde edilen azaltılmış taban kesme kuvveti, azaltılmamış tepe yer değiştirmesi, azaltılmış tasarım spektral ivmesi ve eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı değerleri Tablo 7.14'de verilmiş, karşılaştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. İki yöntem arasındaki farklar incelenmiştir. [12]

Tablo 7.14 İki Yöntemin Bütün Sistemlerde Karşılaştırılması

Sistem	Yöntem	Azaltılmış Taban Kesme Kuvveti (kN)	Azaltılmamış Deprem Yükü Altındaki Yatay Yer Değiştirme (cm)	$S_{aR}(T_{X,Y})$	β_E
8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Eşdeğer Deprem Yükü	1383,90	8,96	0,341	0,935
	Mod Birleştirme	1183,70	6,09		
8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Eşdeğer Deprem Yükü	1321,70	9,45	0,326	0,911
	Mod Birleştirme	1160,49	6,51		
12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli	Eşdeğer Deprem Yükü	1862,82	27,23	0,187	1,000
	Mod Birleştirme	1490,26	14,63		
12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Eşdeğer Deprem Yükü	1862,82	31,36	0,175	1,000
	Mod Birleştirme	1490,26	16,45		
16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli	Eşdeğer Deprem Yükü	2484,18	60,55	0,125	1,000
	Mod Birleştirme	1987,34	30,87		
16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Eşdeğer Deprem Yükü	2484,18	71,47	0,116	1,000
	Mod Birleştirme	1987,34	37,87		

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde etkin mod kütle yerine sistemin toplam kütlesi göz önüne alınır ve spektral ivme değeri 1. Moda bağlı olarak belirlenir. Hesaplanan taban kesme kuvveti kat kütlesi ve katın temelden yüksekliği ile orantılı katlara dağıtılarak kat eşdeğer deprem kuvvetleri hesaplanmaktadır. Eşdeğer deprem yükü yönteminde binanın toplam kütlesi birinci modda etkin olarak kabul edildiği için hesaplanan değerler mod birleştirme yöntemi değerlerinden büyüktür.

Yöntemler arasında taban kesme kuvveti azaldıkça yapılan tepe yer değiştirmesi azalmıştır.

Kat sayısının artmasıyla ve perde modelinin çubuk modellemeden kabuk modellemeye değişiminde periyodun arttığı görülür. Periyot değerlerinin artmasıyla yatay elastik tasarım spektral ivmesi $S_{ae}(T)=(S_{d1}/T)\times g$ azalır. $S_{ae}(T)$'nin azalmasıyla azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}=S_{ae}(T)/R_a$ azalır.

TBDY 4.8.4 uyarınca $V_{tx}^{(X)} \geq 0{,}8\times V_{tE}^{(X)}$ koşulu sağlanmalıdır. $V_{tx} < \gamma_E V_{tE}$ olduğunda eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı β_E ile ($\beta_E \geq 1$) çarpılarak büyütülecektir. β_E'nin 1'den küçük değerlerinde büyütme yapılmamış olup Scale Factor değeri değiştirilmemiştir. β_E'nin 1'den büyük değerlerinde Scale Factor düzeltilerek taban kesme kuvveti büyütülmüş ve $0{,}8\times V_{tE}^{(X)}$ 'e eşitlenmiştir. Bu işlem sonucunda β_E'nin değeri 1 olur. Sonuç olarak β_E'nin 1'den küçük değerleri için büyütme geçerli olmayıp, $\beta_E=1$ değeri için büyütme yapılmıştır.

Sistemlerde bulunan perde ve kolonlarda oluşan taban kesme kuvveti ve taban eğilme momenti değerleri incelendiğinde Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde depremin iki

doğrultuda etkisi düşünülerek sonuçlarda işaret değişimi gözlenirken, Mod Birleştirme Yöntemi'nde spektrum kullanıldığı için ve bu spektrum tanımında işaret gözetmeksizin değerler daima pozitif çıkmaktadır. Sistemlerde Mod Birleştirme Yöntemi'nden elde edilen taban kesme kuvveti değerleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden daha az olduğu için kolon ve perdelerdeki taban kesme kuvveti ve taban eğilme momenti değerleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden elde edilen sonuçlara göre daha azdır.

SEKİZİNCİ BÖLÜM

8 SİSTEMLERİN DOĞRUSAL OLMAYAN ÇÖZÜMÜ İÇİN TAŞIYICI SİSTEM MODELİ

Çalışmadaki bütün sistemlerde, mevcut betonarme binalar için performans hedefi Tablo 8.1'de verilen TBDY Tablo 3.4.c'ye göre DD-2 deprem düzeyinde, BYS≥2 (3,4,5) ve DTS=1 için Kontrollü Hasar olarak belirlenmiştir. Kontrollü Hasar düzeyinde ağır olmayan hasarlar meydana geldiği ve bu hasarların güçlendirilmesi mümkün olduğu kabul edilir.

Tablo 8.1 TBDY Tablo 3.4.c

(c) Mevcut Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar
(Yüksek Binalar dışında – BYS ≥ 2)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	—	—
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Mevcut binaların doğrusal olmayan analizinde beton ve donatının mevcut malzeme dayanımları kullanılmıştır. Beton için $f_{ce}=f_{ck}$ ve donatı için $f_{ye}=f_{yk}$ olarak kabul edilmiştir.

Mevcut binaların doğrusal olmayan analizinde betonarme elemanlarda kesit çatlaması beton ve donatının doğrusal olmayan davranışının göz önüne alındığı kabul edilen etkin kesit rijitlikleri TBDY Tablo 4.2'ye göre belirlenmiştir. [10]

Bu çalışmadaki sistemler için yığılı plastik mafsal davranışı benimsenmiştir. Doğrusal olmayan şekil değiştirmelerin küçük bölgelere yayılmasıyla, bu şekil değiştirmelerin belirli kesitlerde toplandığı ve bu bölge dışında doğrusal-elastik davrandığı kabul edilerek plastik mafsal kabulü uygulanmıştır. [6] Kolon ve perde elemanlar için SAP2000 programında plastik mafsal özelliği P-M_2-M_3 seçilirken, kirişler için çok düşük normal kuvvet ve ikinci doğrultuda döşeme sebebiyle düşük eğilme momenti bulunması sebebiyle M_3 olarak

tanımlanmıştır. [1]

Kiriş ve kolonlar çubuk eleman olarak modellenmiştir ve plastik mafsallar depremde en çok zorlanan kesit olan kiriş ve kolonların uçlarına atanmıştır. Bodrum katta bulunan kirişler, bodrum perdesi ile bütünleştiği için alışıla gelen klasik kiriş davranışı göstermeyeceği için plastik mafsal atanmamıştır. [6]

Bu çalışmada perdeler için iki türlü modelleme benimsenmiştir. İlk durumdaki perdeler çubuk eleman olarak modellenmiştir ve plastik mafsallar depremde en çok zorlanan kesitine yani perdelerin alt uca atanmıştır. Çubuk eleman olarak modellenen perdelerde zemin kat ve bodrum kattaki perde kesitleri en kritik kesitler olduğu için bu kesitlere plastik mafsal atanmıştır.

İkinci durumda modellemedeki perdeler kabuk eleman olarak modellenmiştir. Kabuk perdelerde doğrusal olmayan modelleme için iki çözüm yapılmıştır. Birinci çözüm kritik perde yüksekliği boyunca perdelere doğrusal olmayan başlık ve doğrusal gövde kabuk elemanı kabul edilirken kritik perde yüksekliği dışındaki bölgede ise doğrusal başlık ve doğrusal gövde kabuk elemanı kabul edilir. İkinci çözümde ise sistemde bulunan bütün perdelere doğrusal olmayan başlık ve doğrusal olmayan gövde kabuk elemanı kabul edilir. Bu çalışmada kolaylık bakımından birinci çözüm tercih edilmiştir.

Kabuk perdelerde doğrusal olmayan davranışın incelenmesi için kabuk elemanın doğrusal olmayan davranışı beton ve donatı elemanlarıyla modellenir. Perde kabuk eleman ile modellendikten sonra zorlanması beklenen mesnete yakın bölümlerdeki yani kritik perde yüksekliği boyunca perde başlık bölgesindeki kabuk elemanların doğrusal olmayan elemana çevrilmesi, gövde ve kritik perde yüksekliği dışındaki kabuk elemanların doğrusal kalması yeterlidir. Bu çözüm için kritik perde yüksekliği boyunca perdelerdeki başlık bölgeleri için C35-Sargılı malzemesi, gövde ve kritik perde yüksekliği dışındaki üst bölüm için C35-Sargısız malzeme tanımı yapılmıştır. Tanımlanan C35-Sargısız beton malzemesinin mevcut malzeme dayanımı $f_{ce}=f_{ck}=35$ MPa iken C35-Sargılı malzemesinin sargıdan dolayı 35 MPa'ın üzerine çıkması beklendiği için $f_{ce}=1{,}3\times f_{ck}=1{,}3\times 35=45{,}5$ MPa kabul edilmiştir. Bu tanımlanan malzemelerin çekme gerilmeleri almadığı kabullenmiştir. [1]

Sonuç olarak kabuk perdeli çerçeveli sistemlerde kabuk perdelerin doğrusal olmayan modellemesi için SAP2000 programında tanımlanan kabuk modeli Shell-Layered/Nonlinear seçilerek, donatı malzemesi B420C, kritik perde yüksekliği boyunca (8, 12 ve 16 katlı

sistemlerin ilk 4 katı) başlık bölgesi C35-Sargılı, gövde bölgesi ve kritik perde yüksekliği dışındaki başlık ve gövde kabuk elemanları C35-Sargısız olarak tanımlanmıştır. [1]

Binalarda bulunan bodrum perdesi ve döşemelerin doğrusal olmayan davranış sergilemeyeceği için analiz için modellemesi gerekli olmadığından doğrusal modelleme benimsenmiştir. [10]

DOKUZUNCU BÖLÜM

9 STATİK İTME YÖNTEMİ

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden biri olan statik itme yöntemi tek modlu ve çok modlu itme yöntemi olarak yapılabilir. Tek modlu itme yönteminde doğrusal yöntemlerden biri olan Mod Birleştirme Yöntemi'nin tek modlu olarak uygulanmasının doğrusal olmayan karşılığıdır. Bu yöntem bir doğrultuda itme söz konusu olduğu için ve sadece birinci moda ait bir itme olduğu için, burulma yapmayan düzenli binalarda ve birinci modun etkili olduğu binalarda az katlı binalarda kullanılması uygundur. TBDY'de yöntemin uygulanabilmesi için BYS≥5, burulma düzensizliği katsayısının 1,4'ten az olması ve birinci titreşim moduna ait kütle katılım oranının 0,70'den düşük olmaması gerekir. Çok modlu itme yönteminde ise yüksek binalarda tek modlu inceleme sadece birinci modu göz önüne aldığı için yeterli olmamaktadır. Bu yüzden binanın yüksekliği arttıkça ileri modların katkısı arttığı için BYS≥2 olan sistemler için çok modlu itme yöntemi kullanılmalıdır. Bu çalışmadaki bütün sistemler için (BYS=3,4,5) çok modlu itme yöntemi uygulanmamıştır. Uygulanmama sebebi çok modlu itme yönteminin yerleşik bir yöntem olmayıp çeşitli versiyonlarının mevcut olmasıdır. Ancak yapılan çalışmada önemsenen davranış belirleme ve önemli olan kıyaslama olduğu için karşılaştırma için tek modlu itme yöntemi kullanılmıştır. Günümüzde de yapılan uygulama bu yöndedir.

Statik itme yönteminde bütün sistemlere birinci titreşim modunun genlikleri ve kat kütleleriyle orantılı olarak yatay yükler aralarında oran sabit kalacak şekilde tek modlu itme analizi SAP2000 ile yapılmıştır. Plastik mafsal tanımı yapılan kesitler kapasite değerine erişince plastik mafsal oluşarak etkilerin artması engellenir ve o kesitte plastik şekil değiştirmeler meydana gelir. Bu plastik şekil değiştirmeler tanımlanan plastik mafsallarda toplandığı ve geri kalan kısım elastik davrandığı kabul edilir. Yatay yükün adım adım arttırılmasıyla sistemler belirli bir noktaya kadar (plastik mafsalların henüz oluşmadığı) doğrusal davranırken, o noktadan sonra plastik mafsallar oluşmaya başlayarak doğrusal olmayan davranışa geçilir. Plastik mafsalların oluşmasıyla sistemin yanal rijitliği azalır ve yer

değiştirmeler artar. Plastik mafsalların artmasıyla sistem stabilitesini yitirerek mekanizma durumuna yani yük taşıyamaz duruma gelir. Bu şekilde sistem mekanizma durumuna gelene kadar olan taban kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi (statik itme eğrisi) elde edilir.

Elde edilen statik itme eğrisinin eksen takımlarında gerekli dönüşümler yapılır ve statik itme eğrisi kapasite eğrisine dönüştürülür. Sonuç olarak taban kesme kuvveti-yer değiştirme eğrisi, spektral ivme-spektral yer değiştirme eğrisine dönüştürülerek sistemin kapasite eğrisi SAP2000 programı ile elde edilir.

Performans noktasının bulunması için kapasite eğrisi ile talep eğrisinin kesiştirilmesi gerekir. Deprem etkisinin talep eğrisini elde etmek için yatay elastik tasarım spektrumu eksenleri spektral ivme-periyot (S_a-T) yatay eksende $S_d=S_a\times T^2/(2\pi)^2$ denklemi kullanılarak spektral ivme-spektral deplasman (S_a-S_d) dönüştürülür. Böylece kapasite ve talep eğrileri aynı eksen takımında buluşturulmuş olur. Elde edilen bu iki eğriyi kesiştirmek anlamlı olmak sebebi birisinin doğrusal davranışa ve diğerinin doğrusal olmayan davranışa dayanmasıdır. Doğrusal olan talep eğrisinin sönüm göz önüne alınarak aşağı indirip doğrusal olmayan biçimin bulunması ve daha sonra kesişmenin yapılarak performans noktasının bulunması bir çözüm olabilir. Ancak bu eğrinin bulunmasındaki zorluk sebebiyle bu yönetmelik yaygın uygulama bulamamıştır. Bunun yerine "Eşit Yer Değiştirme Kuralı" kullanılır. Bu kural aynı depremde maruz sistemde doğrusal elastik davranışta ve doğrusal olmayan davranışta meydana gelen taban kesme kuvvetleri çok farklı olduğu halde meydana gelen yer değiştirmeler birbirlerine yakın ("eşit") kabul edilir. Bu kuralın kullanılması ile doğrusal davranış (teğet doğru) ile elastik talep eğrisi kesiştirilir. Aynı yer değiştirmeye karşı gelen doğrusal olmayan kapasite eğrisi üzerindeki nokta performans noktası olarak kabul edilir.

Performans noktasını bulmak için kapasite eğrisi başlangıç teğeti çizilir ve spektrumla kesişen nokta ile depremin talebi ve sistemin talebe cevap verdiği yer değiştirme elde edilmiş olur.

Performans noktası bulunduktan sonra performans noktasının yer değiştirmesine kadar statik itme gerçekleştirilir ve ortaya çıkan plastik mafsallardaki dönmeler belirlenerek kesitlerdeki doğrusal olmayan şekil değiştirmeler (hasar) ve bölgeleri belirlenir. İncelenen binalar konut kabul edilip tasarım buna göre yapıldığı için plastik mafsalların Kontrollü Hasar bölgesinde bulunması beklenir. Ancak tasarımda kullanılan yöntem ile bu tür değerlendirmede kullanılan analiz yöntemleri birbirinden çok farklı olduğu için tam bir üst üste düşme beklenmez. Böylelikle DD-2 depremi esas alınarak tasarımı yapılan binanın

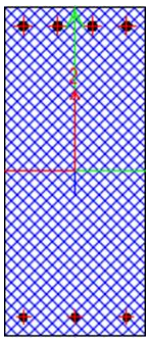
performans durumu statik itme analizi ile belirlenmiş olur. [6]

9.1 8 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM

9.1.1 Plastik Mafsal Sınır Değerlerinin Belirlenmesi

9.1.1.1 Kiriş Kesiti Sınır Değerleri

Örnek kiriş kesiti hesabında 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem'de Şekil 9.1'de verilen K101 kirişi ele alınmıştır.



Şekil 9.1 K101 Kiriş Kesiti

Kesit Bilgileri: b=300 mm, h=700 mm, d'=40 mm, d=h-d'=700-40=660 mm L=8000 mm

f_{ce}=35 MPa, f_{ye}=420 MPa, f_{su}=525 MPa, E_c=33000 MPa, E_s=200000 MPa

Modüler oran n=E_s/E_c=200000/33000=6,06

Alt Donatı: 3Φ16 (603 mm^2), Üst Donatı: 4Φ20 (1257 mm^2)

9.1.1.1.1 Kiriş Kesitinde Negatif Moment Akma Durumu

Kiriş negatif moment etkisindeyken kesitte üst donatı akmaya erişir ve kesit doğrusal elastik davranır. Negatif moment etkisinde A_s=1257 mm^2, A_s'=603 mm^2'dir. Tarafsız eksen derinliği:

$$F_c + F_s' = F_s$$

$$0{,}5bx^2 + nA_s'(x - d') = nA_s(d - x)$$

$$0{,}5 \times 300 \times x^2 + 6{,}06 \times 603 \times (x - 40) = 6{,}06 \times 1257 \times (660 - x)$$

x=152 mm

$$Akma\ durumunda\ \varepsilon_s = \varepsilon_{sy} = \frac{f_{ye}}{E_s} = \frac{420}{200000} = 0{,}0021$$

$$\varepsilon_c = \varepsilon_s \times \frac{x}{d-x} = 0{,}0021 \times \frac{152}{660-152} = 6{,}3 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_s' = \varepsilon_s \times \frac{x-d'}{d-x} = 0{,}0021 \times \frac{152-40}{660-152} = 4{,}6 \times 10^{-4}$$

σ_s=420 MPa

$$\sigma_s' = E_s \times \varepsilon_s' = 200000 \times 4{,}6 \times 10^{-4} = 92\ MPa$$

$$\sigma_c = E_c \times \varepsilon_c = 33000 \times 6{,}3 \times 10^{-4} = 20{,}79\ MPa$$

$$F_s = \sigma_s \times A_s = 420 \times 1257 = 527940\ N$$

$$F_s' = \sigma_s' \times A_s' = 92 \times 603 = 55476\ N$$

$$F_c = 0{,}5 \times \sigma_c \times b \times x = 0{,}5 \times 20{,}79 \times 300 \times 152 = 474012\ N$$

$$M_y^- = F_s\left(d - \frac{x}{3}\right) + F_s'\left(\frac{x}{3} - d'\right)$$

$$M_y^- = 527940\left(660 - \frac{152}{3}\right) + 55476\left(\frac{152}{3} - 40\right) = 322283184\ Nmm = 322{,}28\ kNm$$

$$\Phi_y^- = \frac{\varepsilon_c}{x} = \frac{6{,}3 \times 10^{-4}}{0{,}152} = 4{,}14 \times 10^{-3}\ {}^{rad}/_{m}$$

Kısa Yol:

$$M_y^- = A_s f_y (d - d')$$

$$M_y^- = 1257 \times 420 \times (660 - 40) = 327322800\ Nmm = 327{,}32\ kNm$$

$$\Phi_y = \frac{\varepsilon_{sy}}{d-d'} = \frac{0{,}0021}{0{,}66 - 0{,}04} = 3{,}39 \times 10^{-3}\ {}^{rad}/_{m}$$

TBDY 5.3 denklemine göre plastik mafsal akma dönmesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\theta_y = \frac{\Phi_y L_s}{3} + 0{,}0015\eta\left(1 + 1{,}5\frac{h}{L_s}\right) + \frac{\Phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}}$$

Burada Φ_y akma eğriliğini, L_s kesme açıklığı (L_s=0,5L=0,5×8=4 m), η=1 (kiriş ve kolonlarda), h kesit yüksekliği, d_b donatı çaplarının ortalaması, f_{ce} betonun basınç dayanımı, f_{ye} donatının akma dayanımıdır. [6]

$$\theta_y^- = \frac{4{,}14 \times 10^{-3} \times 4}{3} + 0{,}0015 \times 1 \times \left(1 + 1{,}5\frac{0{,}7}{4}\right) + \frac{4{,}14 \times 10^{-3} \times 0{,}018 \times 420}{8\sqrt{35}}$$

$$= 8{,}08 \times 10^{-3} rad$$

9.1.1.1.2 Kiriş Kesitinde Pozitif Moment Akma Durumu

Kiriş pozitif moment etkisindeyken kesitte alt donatı akmaya erişir ve kesit doğrusal elastik davranır. Pozitif moment etkisinde A_s=603 mm^2, A_s'=1257 mm^2'dir. Tarafsız eksen derinliği:

$F_c + F_s' = F_s$

$0{,}5bx^2 + nA_s'(x - d') = nA_s(d - x)$

$0{,}5 \times 300 \times x^2 + 6{,}06 \times 1257 \times (x - 40) = 6{,}06 \times 603 \times (660 - x)$

x=102 mm

$Akma\ durumunda\ \varepsilon_s = \varepsilon_{sy} = \frac{f_{ye}}{E_s} = \frac{420}{200000} = 0{,}0021$

$\varepsilon_c = \varepsilon_s \times \frac{x}{d - x} = 0{,}0021 \times \frac{102}{660 - 102} = 3{,}9 \times 10^{-4}$

$\varepsilon_s' = \varepsilon_s \times \frac{x - d'}{d - x} = 0{,}0021 \times \frac{102 - 40}{660 - 102} = 2{,}3 \times 10^{-4}$

σ_s=420 MPa

$\sigma_s' = E_s \times \varepsilon_s' = 200000 \times 2{,}3 \times 10^{-4} = 46\ MPa$

$\sigma_c = E_c \times \varepsilon_c = 33000 \times 3{,}9 \times 10^{-4} = 12{,}87\ MPa$

$F_s = \sigma_s \times A_s = 420 \times 603 = 253260\ N$

$F_s' = \sigma_s' \times A_s' = 46 \times 1257 = 57822\ N$

$F_c = 0{,}5 \times \sigma_c \times b \times x = 0{,}5 \times 12{,}87 \times 300 \times 102 = 197490{,}15\ N$

$$M_y^+ = F_s\left(d - \frac{x}{3}\right) + F_s'\left(\frac{x}{3} - d'\right)$$

$$M_y^+ = 253260\left(660 - \frac{102}{3}\right) + 57822\left(\frac{102}{3} - 40\right) = 158193828\ Nmm = 158{,}19\ kNm$$

$$\Phi_y^+ = \frac{\varepsilon_c}{x} = \frac{3{,}9 \times 10^{-4}}{0{,}102} = 3{,}81 \times 10^{-3}\ rad/_m$$

Kısa Yol:

$$M_y^+ = A_s f_y (d - d')$$

$$M_y^+ = 603 \times 420 \times (660 - 40) = 157021200\ Nmm = 157{,}02\ kNm$$

$$\Phi_y = \frac{\varepsilon_{sy}}{d - d'} = \frac{0{,}0021}{0{,}66 - 0{,}04} = 3{,}39 \times 10^{-3}\ rad/_m$$

TBDY 5.3 denklemine göre plastik mafsal akma dönmesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\theta_y = \frac{\Phi_y L_s}{3} + 0{,}0015\eta\left(1 + 1{,}5\frac{h}{L_s}\right) + \frac{\Phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}}$$

$$\theta_y^+ = \frac{3{,}81 \times 10^{-3} \times 4}{3} + 0{,}0015 \times 1 \times \left(1 + 1{,}5\frac{0{,}7}{4}\right) + \frac{3{,}81 \times 10^{-3} \times 0{,}018 \times 420}{8\sqrt{35}}$$
$$= 7{,}58 \times 10^{-3} rad$$

TBDY 5.2 denklemine göre etkin kesit rijitliği aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$(EI)_e = \frac{M_y}{\theta_y}\frac{L_s}{3}$$

M_y ortalama akma momenti, θ_y ortalama akma dönmesidir.

$$M_y = \frac{M_y^- + M_y^+}{2} = \frac{322{,}28 + 158{,}19}{2} = 240{,}24\ kNm$$

$$\theta_y = \frac{\theta_y^- + \theta_y^+}{2} = \frac{8{,}08 + 7{,}58}{2} \times 10^{-3} = 7{,}83 \times 10^{-3}\ kNm$$

$$(EI)_e = \frac{240{,}24}{7{,}83 \times 10^{-3}} \times \frac{4}{3} = 40909{,}32\ kNm^2$$

$$(EI)_0 = E\frac{bh^3}{12} = 33000000 \times \frac{0{,}3 \times 0{,}7^3}{12} = 282975\ kNm^2$$

$$\frac{(EI)_e}{(EI)_0} = \frac{40909{,}32}{282975} = 0{,}14\ < 0{,}35$$

Doğrusal olmayan hesapta sistemler mevcut bina olarak kabul edildiği için etkin kesit rijitlikleri değiştirilmemiştir. [6]

9.1.1.1.3 Kiriş Kesitinde Güç Tükenmesi Durumu

Kirişte pozitif ve negatif moment etkisinde güç tükenmesi moment değeri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$M_u^- = A_s f_s (d - d')$$

$$M_u^- = 1257 \times 525 \times (660 - 40) = 409153500\ Nmm = 409{,}15\ kNm^2$$

$$M_u^+ = A_s f_s (d - d')$$

$$M_u^+ = 603 \times 525 \times (660 - 40) = 196276500\ Nmm = 196{,}28\ kNm^2$$

ε_{su}=0,08

$$\varepsilon_s^{(G\ddot{O})} = 0{,}4\varepsilon_{su} = 0{,}4 \times 0{,}08 = 0{,}032$$

$$\Phi_u^{(G\ddot{O})} = \frac{\varepsilon_s^{(G\ddot{O})}}{d - d'} = \frac{0{,}032}{0{,}66 - 0{,}04} = 51 \times 10^{-3}\ {}^{rad}/_{m}$$

9.1.1.1.4 Performans Düzeyleri İçin Plastik Mafsal Dönme Değerleri

Göçmenin önlenmesi performans düzeyinde izin verilen plastik mafsal dönme değeri TBDY Denklem 5.6'ya göre aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3}\left[(\Phi_u - \Phi_y) L_p \left(1 - 0{,}5\frac{L_p}{L_s}\right)\right] + 4{,}5\Phi_u d_b$$

Burada L_p plastik mafsal boyudur ve kesit yüksekliğinin yarısı olarak alınır (L_p=0,5h=0,5×0,7=0,35m). Pozitif ve negatif moment etkisinde akma eğrilikleri birbirine yakın olduğu için plastik mafsal dönme değeri eşit alınabilir.

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3}\left[(51-4{,}14)\times 10^{-3}\times 0{,}35\left(1-0{,}5\frac{0{,}35}{4}\right)+4{,}5\times 51\times 10^{-3}\times 0{,}018\right]$$
$$= 0{,}0132\ rad$$

Kontrollü hasar performans düzeyinde izin verilen plastik mafsal dönme değeri TBDY Denklem 5.7b'ye göre aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$\theta_p^{(KH)} = 0{,}75\theta_p^{(GÖ)} = 0{,}75\times 0{,}0132 = 0{,}010\ rad$$

Sınırlı hasar performans düzeyinde izin verilen plastik mafsal dönme değeri TBDY Denklem 5.8b'ye göre aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$\theta_p^{(SH)} = 0$$

K101 kiriş kesiti için plastik mafsal dönme sınırları hesabı gösterilmiştir. Bütün kiriş kesitlerinde SAP2000 programı Section Designer'la kesitler tanımlanarak moment eğrilik grafiğiyle M_y, Φ_y, M_u, Φ_u değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlere bağlı olarak plastik mafsal sınır değerleri bütün sistemler için hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 9.1 ve Tablo 9.2'de gösterilmiştir. [6]

Tablo 9.1 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

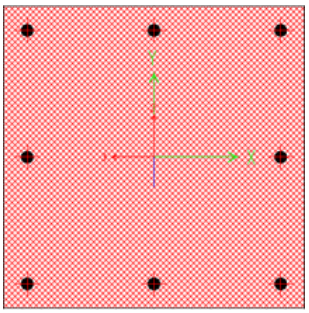
8 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM										
Moment Yönü	**Kiriş**	**b (m)**	**h (m)**	**L (m)**	**A_s (mm^2)**	**A_s' (mm^2)**	**M_y (kNm)**	**Φ_y (rad/m)**	**M_u (kNm)**	**Φ_u (rad/m)**
Pozitif Moment	K101	0,30	0,70	8	603	1257	144,22	0,0038	184,41	0,0519
Negatif Moment		0,30	0,70	8	1257	603	279,68	0,0042	376,52	0,0534
Pozitif Moment	K103	0,30	0,70	8	942	1963	219,10	0,0039	284,52	0,0524
Negatif Moment		0,30	0,70	8	1963	942	442,34	0,0045	581,97	0,0550
Pozitif Moment	K104	0,30	0,70	6	603	603	134,21	0,00382	186,94	0,05192
Negatif Moment		0,30	0,70	6	603	603	134,21	0,00382	186,94	0,05192

Tablo 9.2 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

8 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Kiriş	ε_{su}	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(SH)}$
K101	0,08	0,014	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
	0,08	0,014	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
K103	0,08	0,014	0,032	0,011	0,024	0	0,0075
	0,08	0,015	0,032	0,011	0,024	0	0,0075
K104	0,08	0,013	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
	0,08	0,013	0,032	0,010	0,024	0	0,0075

9.1.1.2 Kolon Kesiti Sınır Değerleri

Örnek kolon kesiti hesabında 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem'de Şekil 9.2'de verilen S101 (3-1) kolonu ele alınmıştır. Kolonlar x ve y doğrultusunda simetrik olduğu için bir doğrultu hesapları verilmiştir. Bu kolon kesiti için N_1=761,20 kN, N_2=967,01 kN, N_3=1170,46 kN kabul edilerek hesap yapılmıştır.



Şekil 9.2 S101 (3-1) Kolon Kesiti

Kesit Bilgileri: b=500 mm, h=500 mm, d'=40 mm, d=h-d'=500-40=460 mm H=3200 mm

f_{ce}=35 MPa, f_{ye}=420 MPa, f_{su}=525 MPa, E_c=33000 MPa, E_s=200000 MPa

Modüler oran n=E_s/E_c=200000/33000=6,06

Alt Donatı: 3Φ20 (942 mm^2), Üst Donatı: 3Φ20 (942 mm^2), Ara Donatı: 2Φ20 (628 mm^2)

9.1.1.2.1 Kolon Kesitinde Akma Durumu

N_1=761,20 kN için hesap:

$$F_c + F_s' - F_s - F_s'' = N$$

$$0{,}5bx^2 + nA_s'(x - d') = nA_s(d - x) + nA_s''(0{,}5h - x) + \frac{Nx}{\sigma_c}$$

$$0{,}5 \times 500 \times x^2 + 6{,}06 \times 942 \times (x - 40)$$
$$= 6{,}06 \times 942 \times (660 - x) + 6{,}06 \times 628 \times (0{,}5 \times 500 - x)$$
$$+ \frac{761{,}20 \times 10^3 \times x}{0{,}0021 \times 33000 \times \left(\frac{x}{460 - x}\right)}$$

x=143 mm

$$Akma\ durumunda\ \varepsilon_s = \varepsilon_{sy} = \frac{f_{ye}}{E_s} = \frac{420}{200000} = 0{,}0021$$

$$\varepsilon_c = \varepsilon_s \times \frac{x}{d - x} = 0{,}0021 \times \frac{143}{460 - 143} = 9{,}47 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_s' = \varepsilon_s \times \frac{x - d'}{d - x} = 0{,}0021 \times \frac{143 - 40}{460 - 143} = 6{,}82 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_s'' = \varepsilon_s \times \frac{0{,}5h - x}{d - x} = 0{,}0021 \times \frac{250 - 143}{460 - 143} = 7{,}09 \times 10^{-4}$$

σ_s=420 MPa

$$\sigma_s' = E_s \times \varepsilon_s' = 200000 \times 6{,}82 \times 10^{-4} = 136{,}4\ MPa$$

$$\sigma_c = E_c \times \varepsilon_c = 33000 \times 9{,}47 \times 10^{-4} = 31{,}2\ MPa$$

$$\sigma_s'' = E_s \times \varepsilon_s'' = 200000 \times 7{,}09 \times 10^{-4} = 141{,}8\ MPa$$

$$F_s = \sigma_s \times A_s = 420 \times 942 = 395640\ N$$

$$F_s' = \sigma_s' \times A_s' = 136{,}4 \times 942 = 128488\ N$$

$$F_s'' = \sigma_s'' \times A_s'' = 141{,}8 \times 628 = 89050\ N$$

$$F_c = 0{,}5 \times \sigma_c \times b \times x = 0{,}5 \times 31{,}2 \times 500 \times 143 = 1109375\ N$$

$$M_y = F_c\left(0{,}5h - \frac{x}{3}\right) + (F_s + F_s')\left(\frac{h}{2} - d'\right)$$

$$M_{y1} = 1109375\left(0{,}5 \times 500 - \frac{143}{3}\right) + (395640 + 128488)\left(\frac{500}{2} - 40\right)$$
$$= 334900381{,}3\ Nmm = 334{,}90\ kNm$$

$$\Phi_{y1} = \frac{\varepsilon_{sy}}{d-x} = \frac{0{,}0021}{0{,}46-0{,}143} = 6{,}6 \times 10^{-3}\, rad/_m$$

TBDY 5.3 denklemine göre plastik mafsal akma dönmesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\theta_y = \frac{\Phi_y L_s}{3} + 0{,}0015\eta\left(1 + 1{,}5\frac{h}{L_s}\right) + \frac{\Phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}}$$

L_s kesme açıklığı (L_s=0,5L=0,5×3,20=1,60 m)

$$\theta_{y1} = \frac{6{,}6 \times 10^{-3} \times 1{,}6}{3} + 0{,}0015 \times 1 \times \left(1 + 1{,}5\frac{0{,}5}{1{,}6}\right) + \frac{6{,}6 \times 10^{-3} \times 0{,}02 \times 420}{8\sqrt{35}}$$
$$= 6{,}89 \times 10^{-3} rad$$

TBDY 5.2 denklemine göre etkin kesit rijitliği aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$(EI)_e = \frac{M_y}{\theta_y}\frac{L_s}{3}$$

$$(EI)_e = \frac{334{,}90}{6{,}89 \times 10^{-3}} \times \frac{1{,}6}{3} = 25923{,}56\ kNm^2$$

$$(EI)_0 = E\frac{bh^3}{12} = 33000000 \times \frac{0{,}50 \times 0{,}50^3}{12} = 171875\ kNm^2$$

$$\frac{(EI)_e}{(EI)_0} = \frac{25923{,}56}{171875} = 0{,}15\ < 0{,}70$$

Doğrusal olmayan hesapta sistemler mevcut bina olarak kabul edildiği için etkin kesit rijitlikleri değiştirilmemiştir.

N_2=967,01 kN için hesap:

$$F_c + F_s' - F_s - F_s'' = N$$

$$0{,}5bx^2 + nA_s'(x-d') = nA_s(d-x) + nA_s''(0{,}5h-x) + \frac{Nx}{\sigma_c}$$

$$0{,}5 \times 500 \times x^2 + 6{,}06 \times 942 \times (x-40)$$
$$= 6{,}06 \times 942 \times (660-x) + 6{,}06 \times 628 \times (0{,}5 \times 500 - x)$$
$$+ \frac{967{,}01 \times 10^3 \times x}{0{,}0021 \times 33000 \times \left(\frac{x}{460-x}\right)}$$

x=152 mm

$$Akma\ durumunda\ \varepsilon_s = \varepsilon_{sy} = \frac{f_{ye}}{E_s} = \frac{420}{200000} = 0{,}0021$$

$$\varepsilon_c = \varepsilon_s \times \frac{x}{d-x} = 0{,}0021 \times \frac{152}{460-152} = 1{,}04 \times 10^{-3}$$

$$\varepsilon_s' = \varepsilon_s \times \frac{x-d'}{d-x} = 0{,}0021 \times \frac{152-40}{460-152} = 7{,}64 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_s'' = \varepsilon_s \times \frac{0{,}5h-x}{d-x} = 0{,}0021 \times \frac{250-152}{460-152} = 6{,}68 \times 10^{-4}$$

σ_s=420 MPa

$$\sigma_s' = E_s \times \varepsilon_s' = 200000 \times 7{,}64 \times 10^{-4} = 152{,}8\ MPa$$

$$\sigma_c = E_c \times \varepsilon_c = 33000 \times 1{,}04 \times 10^{-3} = 34{,}2\ MPa$$

$$\sigma_s'' = E_s \times \varepsilon_s'' = 200000 \times 6{,}68 \times 10^{-4} = 133{,}6\ MPa$$

$$F_s = \sigma_s \times A_s = 420 \times 942 = 395640\ N$$

$$F_s' = \sigma_s' \times A_s' = 152{,}8 \times 942 = 143937\ N$$

$$F_s'' = \sigma_s'' \times A_s'' = 133{,}6 \times 628 = 83900\ N$$

$$F_c = 0{,}5 \times \sigma_c \times b \times x = 0{,}5 \times 34{,}2 \times 500 \times 152 = 1299220\ N$$

$$M_y = F_c\left(0{,}5h - \frac{x}{3}\right) + (F_s + F_s')\left(\frac{h}{2} - d'\right)$$

$$M_{y2} = 1299220\left(0{,}5 \times 500 - \frac{152}{3}\right) + (395640 + 143937)\left(\frac{500}{2} - 40\right)$$
$$= 372289149{,}3\ Nmm = 372{,}29\ kNm$$

$$\Phi_{y2} = \frac{\varepsilon_{sy}}{d-x} = \frac{0{,}0021}{0{,}46-0{,}152} = 6{,}82 \times 10^{-3}\ rad/m$$

TBDY 5.3 denklemine göre plastik mafsal akma dönmesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\theta_y = \frac{\Phi_y L_s}{3} + 0{,}0015\eta\left(1 + 1{,}5\frac{h}{L_s}\right) + \frac{\Phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}}$$

$$\theta_{y2} = \frac{6{,}82 \times 10^{-3} \times 1{,}6}{3} + 0{,}0015 \times 1 \times \left(1 + 1{,}5\frac{0{,}5}{1{,}6}\right) + \frac{6{,}82 \times 10^{-3} \times 0{,}02 \times 420}{8\sqrt{35}}$$
$$= 7{,}05 \times 10^{-3} rad$$

TBDY 5.2 denklemine göre etkin kesit rijitliği aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$(EI)_e = \frac{M_y}{\theta_y}\frac{L_s}{3}$$

$$(EI)_e = \frac{372{,}29}{7{,}05 \times 10^{-3}} \times \frac{1{,}6}{3} = 28163{,}78\ kNm^2$$

$$(EI)_0 = E\frac{bh^3}{12} = 33000000 \times \frac{0{,}50 \times 0{,}50^3}{12} = 171875\ kNm^2$$

$$\frac{(EI)_e}{(EI)_0} = \frac{28163{,}78}{171875} = 0{,}16\ < 0{,}70$$

Doğrusal olmayan hesapta sistemler mevcut bina olarak kabul edildiği için etkin kesit rijitlikleri değiştirilmemiştir.

N_3=1170,46 kN için hesap:

$$F_c + F_s' - F_s - F_s'' = N$$

$$0{,}5bx^2 + nA_s'(x - d') = nA_s(d - x) + nA_s''(0{,}5h - x) + \frac{Nx}{\sigma_c}$$

$$0{,}5 \times 500 \times x^2 + 6{,}06 \times 942 \times (x - 40)$$
$$= 6{,}06 \times 942 \times (660 - x) + 6{,}06 \times 628 \times (0{,}5 \times 500 - x)$$
$$+ \frac{1170{,}46 \times 10^3 \times x}{0{,}0021 \times 33000 \times \left(\frac{x}{460 - x}\right)}$$

x=160 mm

$$Akma\ durumunda\ \varepsilon_s = \varepsilon_{sy} = \frac{f_{ye}}{E_s} = \frac{420}{200000} = 0{,}0021$$

$$\varepsilon_c = \varepsilon_s \times \frac{x}{d - x} = 0{,}0021 \times \frac{160}{460 - 160} = 1{,}12 \times 10^{-3}$$

$$\varepsilon_s' = \varepsilon_s \times \frac{x - d'}{d - x} = 0{,}0021 \times \frac{160 - 40}{460 - 160} = 8{,}4 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_s'' = \varepsilon_s \times \frac{0{,}5h - x}{d - x} = 0{,}0021 \times \frac{250 - 160}{460 - 160} = 6{,}3 \times 10^{-4}$$

σ_s=420 MPa

$$\sigma_s' = E_s \times \varepsilon_s' = 200000 \times 8{,}4 \times 10^{-4} = 168\ MPa$$

$$\sigma_c = E_c \times \varepsilon_c = 33000 \times 1{,}12 \times 10^{-3} = 37\ MPa$$

$$\sigma_s'' = E_s \times \varepsilon_s'' = 200000 \times 6{,}3 \times 10^{-4} = 126\ MPa$$

$$F_s = \sigma_s \times A_s = 420 \times 942 = 395640\ N$$

$$F_s' = \sigma_s' \times A_s' = 168 \times 942 = 158256\ N$$

$$F_s'' = \sigma_s'' \times A_s'' = 126 \times 628 = 79128\ N$$

$$F_c = 0{,}5 \times \sigma_c \times b \times x = 0{,}5 \times 37 \times 500 \times 160 = 1478400\ N$$

$$M_y = F_c \left(0{,}5h - \frac{x}{3}\right) + (F_s + F_s')\left(\frac{h}{2} - d'\right)$$

$$M_{y3} = 1478400\left(0{,}5 \times 500 - \frac{160}{3}\right) + (395640 + 158256)\left(\frac{500}{2} - 40\right)$$
$$= 407070160\ Nmm = 407{,}07\ kNm$$

$$\Phi_{y3} = \frac{\varepsilon_{sy}}{d - x} = \frac{0{,}0021}{0{,}46 - 0{,}16} = 7{,}00 \times 10^{-3}\ rad/m$$

TBDY 5.3 denklemine göre plastik mafsal akma dönmesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\theta_y = \frac{\Phi_y L_s}{3} + 0{,}0015\eta\left(1 + 1{,}5\frac{h}{L_s}\right) + \frac{\Phi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}}$$

$$\theta_{y3} = \frac{7{,}00 \times 10^{-3} \times 1{,}6}{3} + 0{,}0015 \times 1 \times \left(1 + 1{,}5\frac{0{,}5}{1{,}6}\right) + \frac{7{,}00 \times 10^{-3} \times 0{,}02 \times 420}{8\sqrt{35}}$$
$$= 7{,}18 \times 10^{-3} rad$$

TBDY 5.2 denklemine göre etkin kesit rijitliği aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$(EI)_e = \frac{M_y}{\theta_y}\frac{L_s}{3}$$

$$(EI)_e = \frac{407,07}{7,18 \times 10^{-3}} \times \frac{1,6}{3} = 30237,33\ kNm^2$$

$$(EI)_0 = E\frac{bh^3}{12} = 33000000 \times \frac{0,50 \times 0,50^3}{12} = 171875\ kNm^2$$

$$\frac{(EI)_e}{(EI)_0} = \frac{30237,33}{171875} = 0,18\ < 0,70$$

Doğrusal olmayan hesapta sistemler mevcut bina olarak kabul edildiği için etkin kesit rijitlikleri değiştirilmemiştir. [6]

9.1.1.2.2 Kolon Kesitinde Güç Tükenmesi Durumu

N_1=761,20 kN için hesap: (σ_s'=0 kabul)

$$F_c - F_s - F_s'' = N$$

$$0,85 f_c ba - (A_s + A_s'')f_{su} = N$$

$$0,85 \times 35 \times 500 \times a - (942 + 628) \times 525 = 761,20 \times 10^3$$

a=106,6 mm C_{35} için k_1=0,79 x=a/k_1=106,6/0,79=135 mm

$$F_c = 0,85 \times f_c \times b \times a = 0,85 \times 35 \times 500 \times 106,6 = 1585675\ N$$

$$F_s = A_s \times f_{su} = 942 \times 525 = 494550\ N$$

$$M_u = F_c\left(0,5h - \frac{a}{2}\right) + F_s\left(\frac{h}{2} - d'\right)$$

$$M_{u1} = 1585675\left(0,5 \times 500 - \frac{106,6}{2}\right) + 494550 \times \left(\frac{500}{2} - 40\right) = 415757772,5\ Nmm$$
$$= 415,76\ kNm$$

$$\Phi_{u1} = \frac{\varepsilon_{su}}{d - x} = \frac{0,032}{0,46 - 0,135} = 98,46 \times 10^{-3}\ rad/m$$

N_2=967,01 kN için hesap: (σ_s'=0 kabul)

$$F_c - F_s - F_s'' = N$$

$$0,85 f_c ba - (A_s + A_s'')f_{su} = N$$

$$0,85 \times 35 \times 500 \times a - (942 + 628) \times 525 = 967,01 \times 10^3$$

a=120,4 mm C_{35} için k_1=0,79 x=a/k_1=120,4/0,79=152,4 mm

$$F_c = 0{,}85 \times f_c \times b \times a = 0{,}85 \times 35 \times 500 \times 120{,}4 = 1790950\ N$$

$$F_s = A_s \times f_{su} = 942 \times 525 = 494550\ N$$

$$M_u = F_c\left(0{,}5h - \frac{a}{2}\right) + F_s\left(\frac{h}{2} - d'\right)$$

$$M_{u2} = 1790950\left(0{,}5 \times 500 - \frac{120{,}4}{2}\right) + 494550 \times \left(\frac{500}{2} - 40\right) = 443777810\ Nmm$$
$$= 443{,}78\ kNm$$

$$\Phi_{u2} = \frac{\varepsilon_{su}}{d - x} = \frac{0{,}032}{0{,}46 - 0{,}152} = 104 \times 10^{-3}\ {rad}/{m}$$

N_3=1170,46 kN için hesap: (σ_s'=0 kabul)

$$F_c - F_s - F_s'' = N$$

$$0{,}85 f_c b a - (A_s + A_s'') f_{su} = N$$

$$0{,}85 \times 35 \times 500 \times a - (942 + 628) \times 525 = 1170{,}46 \times 10^3$$

a=134 mm C_{35} için k_1=0,79 x=a/k_1=134/0,79=170 mm

$$F_c = 0{,}85 \times f_c \times b \times a = 0{,}85 \times 35 \times 500 \times 134 = 1993250\ N$$

$$F_s = A_s \times f_{su} = 942 \times 525 = 494550\ N$$

$$M_u = F_c\left(0{,}5h - \frac{a}{2}\right) + F_s\left(\frac{h}{2} - d'\right)$$

$$M_{u3} = 1993250\left(0{,}5 \times 500 - \frac{134}{2}\right) + 494550 \times \left(\frac{500}{2} - 40\right) = 468620250\ Nmm$$
$$= 468{,}62\ kNm$$

$$\Phi_{u3} = \frac{\varepsilon_{su}}{d - x} = \frac{0{,}032}{0{,}46 - 0{,}170} = 110{,}3 \times 10^{-3}\ {rad}/{m}$$

9.1.1.2.3 Performans Düzeyleri İçin Plastik Mafsal Dönme Değerleri

Göçmenin önlenmesi performans düzeyinde izin verilen plastik mafsal dönme değeri TBDY Denklem 5.6'ya göre aşağıdaki gibi belirlenmiştir. Kolon kesitinde farklı N değerleri

için $\theta_p^{(GÖ)}$ değerleri hesaplanmış, ortalaması alınmıştır.

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3}\left[\left(\Phi_u - \Phi_y\right)L_p\left(1 - 0{,}5\frac{L_p}{L_s}\right)\right] + 4{,}5\Phi_u d_b$$

L_p plastik mafsal boyu L_p=0,5h=0,5×0,5=0,25m alınmıştır.

$$\theta_{p1}^{(GÖ)} = \frac{2}{3}\left[(98{,}46 - 6{,}6) \times 10^{-3} \times 0{,}25\left(1 - 0{,}5\frac{0{,}25}{1{,}6}\right) + 4{,}5 \times 98{,}46 \times 10^{-3} \times 0{,}02\right]$$
$$= 0{,}0200\ rad$$

$$\theta_{p2}^{(GÖ)} = \frac{2}{3}\left[(104 - 6{,}82) \times 10^{-3} \times 0{,}25\left(1 - 0{,}5\frac{0{,}25}{1{,}6}\right) + 4{,}5 \times 104 \times 10^{-3} \times 0{,}02\right]$$
$$= 0{,}0212\ rad$$

$$\theta_{p3}^{(GÖ)} = \frac{2}{3}\left[(110{,}3 - 7{,}18) \times 10^{-3} \times 0{,}25\left(1 - 0{,}5\frac{0{,}25}{1{,}6}\right) + 4{,}5 \times 110{,}3 \times 10^{-3} \times 0{,}02\right]$$
$$= 0{,}0225\ rad$$

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{0{,}0200 + 0{,}0212 + 0{,}0225}{3} = 0{,}0212\ rad$$

Kontrollü hasar performans düzeyinde izin verilen plastik mafsal dönme değeri TBDY Denklem 5.7b'ye göre aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$\theta_p^{(KH)} = 0{,}75\theta_p^{(GÖ)} = 0{,}75 \times 0{,}0212 = 0{,}0159\ rad$$

Sınırlı hasar performans düzeyinde izin verilen plastik mafsal dönme değeri TBDY Denklem 5.8b'ye göre aşağıdaki gibi belirlenmiştir. [10]

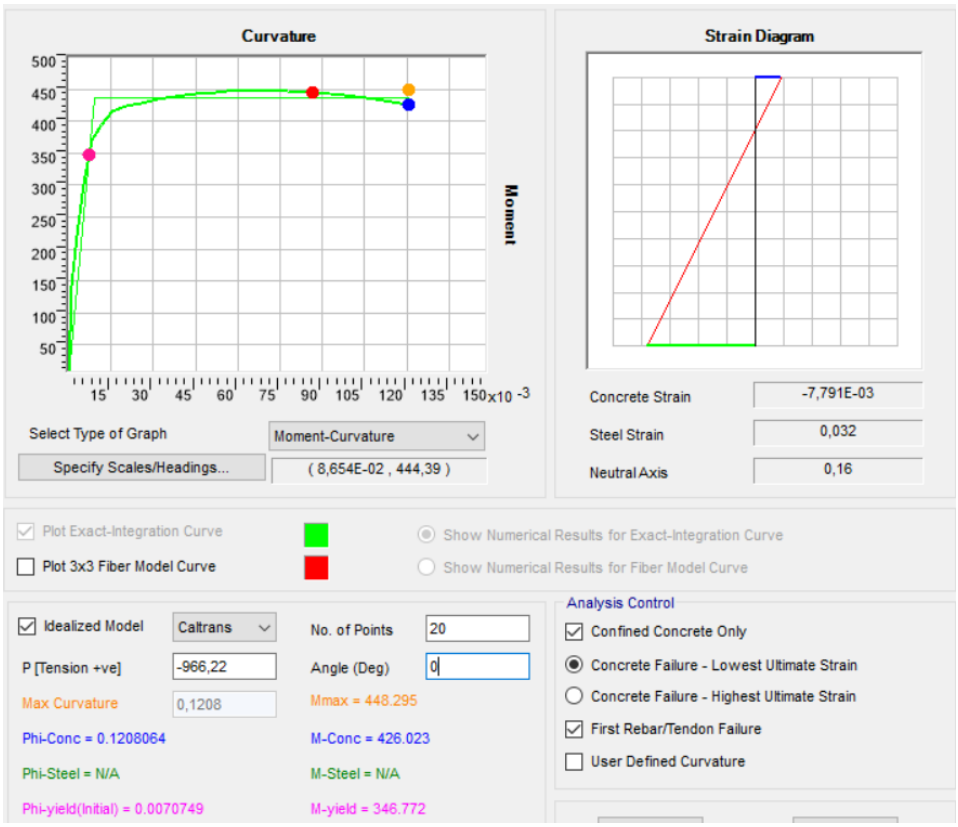
$$\theta_p^{(SH)} = 0$$

Tablo 9.3 S101 (3-1) Kolonu El Hesabı Dönme Değerleri

	EL HESABI SONUÇLARI						
	N (kN)	**M_y (kNm)**	**Φ_y (rad/m)**	**M_u (kNm)**	**Φ_u (rad/m)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**
N_1 (kN)	761,20	334,9	0,00660	415,76	0,09846	0,0200	0,0150
N_2 (kN)	967,01	372,29	0,00682	443,78	0,10400	0,0212	0,0159
N_3 (kN)	1170,46	407,07	0,00718	468,62	0,11030	0,0225	0,0169
N_{ort} (kN)	966,22	371,42	0,00687	442,72	0,10425	0,0212	0,0159

Tablo 9.4 S101 (3-1) Kolonu SAP2000 Dönme Değerleri

	SAP2000 SONUÇLARI						
	N (kN)	M_y (kNm)	Φ_y (rad/m)	M_u (kNm)	Φ_u (rad/m)	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)
N_1 (kN)	761,20	314,25	0,00683	415,11	0,08269	0,0166	0,0125
N_2 (kN)	967,01	346,91	0,00708	444,49	0,08654	0,0174	0,0131
N_3 (kN)	1170,46	386,76	0,00734	460,74	0,09231	0,0186	0,0139
N_{ort} (kN)	966,22	346,77	0,00707	444,39	0,08654	0,0170	0,0128



Şekil 9.3 S101 (3-1) Kolonu Moment Eğrilik Bağıntısı

S101 kolon kesiti için plastik mafsal dönme sınırları hesabı gösterilmiştir. El hesabı sonuçları Tablo 9.3'te ve SAP2000 sonuçları Tablo 9.4'te verilmiş, sonuçlar birbirlerine yakın elde edilmiştir. Bütün kolon kesitlerinde SAP2000 programı Section Designer'la kesitler tanımlanarak moment eğrilik grafiğiyle M_y, Φ_y, M_u, Φ_u değerleri hesaplanmıştır. Şekil 9.3'de moment eğrilik bağıntısı gösterilmiştir. [1] Farklı N değerleri bulunan kesitlerde N değerlerinin ortalaması alınarak programa girilmiştir. N değerleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden kolona gelen eksenel kuvvetler ($N_{G+0,3Q+E}$) olarak belirlenmiştir [6] ve Tablo 9.5'de verilmiştir. Bu değerlere bağlı olarak plastik mafsal sınır değerleri hesaplanmış, değerler Tablo 9.6 ve Tablo 9.7'de verilmiştir.

Tablo 9.5 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde $N_{G+0,3Q+E}$ Değerleri

8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem			
Kolon No	**Kat**	**$N_{G+0,3Q+E}$ (kN)**	**N_{ort} (kN)**
S101	6.Normal Kat	158,88	158,88
	5.Normal Kat	358,86	457,66
	4.Normal Kat	556,46	
	3.Normal Kat	761,20	966,22
	2.Normal Kat	967,01	
	1.Normal Kat	1170,46	
	Zemin Kat	1374,47	1128,65
	Bodrum Kat	882,83	
S103	6.Normal Kat	447,37	2161,98
	5.Normal Kat	933,64	
	4.Normal Kat	1423,58	
	3.Normal Kat	1914,29	
	2.Normal Kat	2406,21	
	1.Normal Kat	2898,84	
	Zemin Kat	3391,79	
	Bodrum Kat	3880,13	
P101	Zemin Kat	4845,00	4724,17
	Bodrum Kat	4603,34	

Tablo 9.6 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

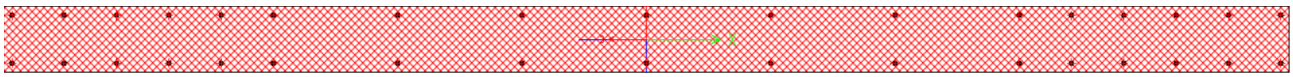
8 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM											
Kolon	**b (m)**	**h (m)**	**H (m)**	**A_s (mm^2)**	**A_s' (mm^2)**	**A_s'' (mm^2)**	**N_{ort} (kN)**	**M_y (kNm)**	**Φ_y (rad/m)**	**M_u (kNm)**	**Φ_u (rad/m)**
S101 (6)	0,45	0,45	3,2	1473	1473	982	158,88	263,80	0,00738	382,61	0,09103
S101 (5-4)	0,45	0,45	3,2	942	942	628	457,66	237,33	0,00757	313,98	0,09167
S101 (3-1)	0,50	0,50	3,2	942	942	628	966,22	346,77	0,00707	444,39	0,08654
S101 (ZK-BK)	0,55	0,55	3,2	1473	1473	982	1128,65	518,89	0,00642	674,77	0,07923
S103 (6-BK)	0,55	0,55	3,2	1473	1473	982	2161,98	696,73	0,00729	720,45	0,06897

Tablo 9.7 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

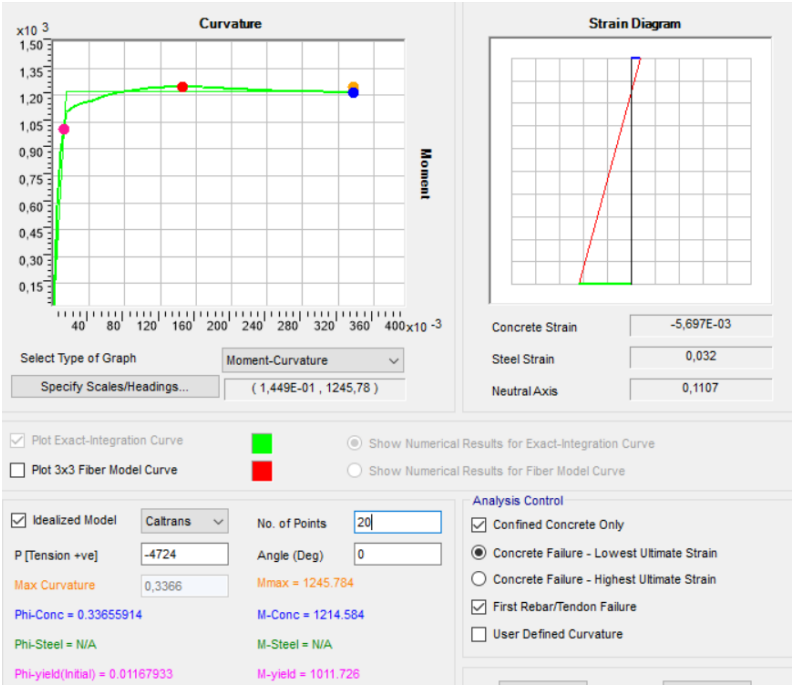
8 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Kolon	**ε_{su}**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(GÖ)}$**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(KH)}$**	**$\theta_p^{(SH)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(SH)}$**
S101 (6)	0,08	0,018	0,032	0,014	0,024	0	0,0075
S101 (5-4)	0,08	0,017	0,032	0,013	0,024	0	0,0075
S101 (3-1)	0,08	0,017	0,032	0,013	0,024	0	0,0075
S101 (ZK-BK)	0,08	0,018	0,032	0,014	0,024	0	0,0075
S103 (6-BK)	0,05	0,016	0,021	0,012	0,016	0	0,0075

9.1.1.3 Perde Kesiti Sınır Değerleri

P101 ve P103 perdesi için SAP2000 programı Section Designer'la kesitler tanımlanarak moment eğrilik grafiğiyle M_y, Φ_y, M_u, Φ_u değerleri hesaplanmıştır. Şekil 9.4'de perde kesiti, Şekil 9.5'de moment eğrilik bağıntısı gösterilmiştir. [1] Mafsal atanan perdelerin (zemin kat ve bodrum kat) normal kuvvet değeri (N_{zemin}=4845 kN, N_{bodrum}=4603,34 kN) ortalaması programa girilmiştir. N değerleri, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden perdeye gelen eksenel kuvvetler ($N_{G+0,3Q+E}$) olarak belirlenmiştir. [6] Hesaplanan değerler programda angle 0 iken y doğrultusundaki perdeye (P103), 90 iken x doğrultusundaki perdeye (P101) aittir. Bu değerlere bağlı olarak plastik mafsal sınır değerleri hesaplanmış ve bu değerler Tablo 9.8 ve Tablo 9.9'da verilmiştir.



Şekil 9.4 P103 (ZK-BK) Perde Kesiti



Şekil 9.5 P103 (ZK-BK) Perdesi Moment Eğrilik Bağıntısı

Tablo 9.8 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

8 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM											
Perde	b (m)	h (m)	H (m)	A_s (mm^2)	A_s' (mm^2)	A_s'' (mm^2)	N_{ort} (kN)	M_y (kNm)	Φ_y (rad/m)	M_u (kNm)	Φ_u (rad/m)
P103 (ZK-BK)	6,30	0,30	3,2	5184	5184	0	4724,00	1011,73	0,01168	1245,78	0,14490
P101 (ZK-BK)	6,30	0,30	3,2	5184	5184	0	4724,00	18705,27	0,00050	25518,05	0,00620

Göçmenin önlenmesi performans düzeyinde izin verilen plastik mafsal dönme değeri TBDY Denklem 5.6'ya göre aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3}\left[\left(\Phi_u - \Phi_y\right)L_p\left(1 - 0{,}5\frac{L_p}{L_s}\right)\right] + 4{,}5\Phi_u d_b$$

0 Derece İçin P103 Perdesi:

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3}\left[(144{,}9 - 11{,}68) \times 10^{-3} \times 0{,}15\left(1 - 0{,}5\frac{0{,}15}{1{,}6}\right) + 4{,}5 \times 144{,}9 \times 10^{-3} \times 0{,}02\right]$$
$$= 0{,}021\, rad$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0{,}75\theta_p^{(GÖ)} = 0{,}75 \times 0{,}021 = 0{,}016\, rad$$

90 Derece İçin P101 Perdesi:

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3}\left[(6{,}202 - 0{,}495) \times 10^{-3} \times 0{,}15\left(1 - 0{,}5\frac{0{,}15}{1{,}6}\right) + 4{,}5 \times 6{,}202 \times 10^{-3} \times 0{,}02\right]$$
$$= 0{,}0009\, rad$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0{,}75\theta_p^{(GÖ)} = 0{,}75 \times 0{,}0009 = 0{,}0007\, rad$$

Tablo 9.9 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

8 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Perde	ε_{su}	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(SH)}$
P103 (ZK-BK)	0,08	0,0214	0,032	0,0160	0,024	0	0,0075
P101 (ZK-BK)	0,08	0,0009	0,032	0,0007	0,024	0	0,0075

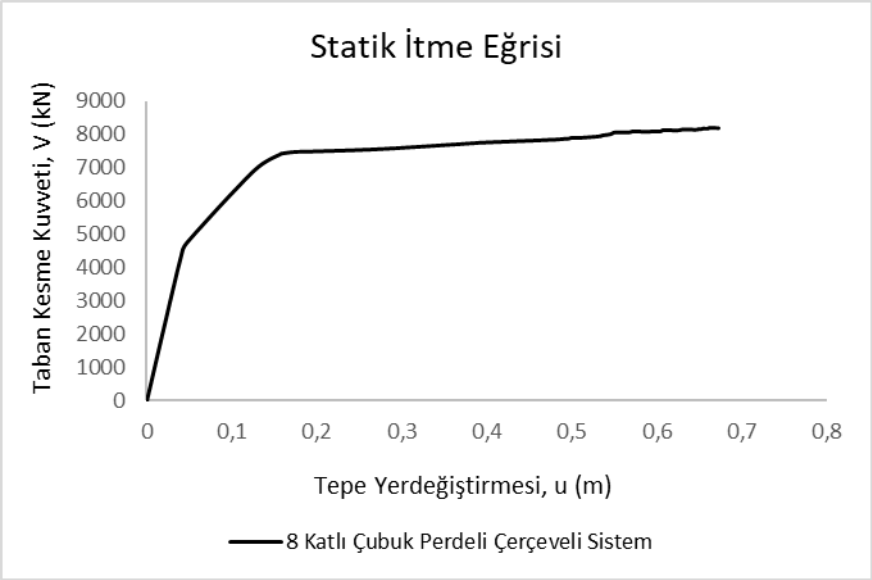
9.1.2 Statik İtme Eğrisinin Elde Edilmesi

8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem'de bulunan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin plastik mafsal dönme sınır durumları SAP2000 programında tanımlanmış ve plastik mafsallar ilgili yerlere atanmıştır. Depremli durumda sisteme etki eden düşey yükler (G+nQ) Nonlinear Load Case olarak tanımlanmıştır. Daha sonrasında statik itme analizi x doğrultusunda yapılacağından modal analizde x doğrultusuna denk gelen mod numarası belirlenmiş, Statikitme_x Load Case'i mod ve numarası olarak tanımlanmıştır. Sistemin birinci titreşim modu U_x=0,60 kütle katılım oranı ile x doğrultusuna aittir. Bu genlik ve kat kütleleriyle orantılı olarak yatay yükler aralarında oran sabit kalacak şekilde analiz SAP2000 ile yapılarak statik itme eğrisi elde edilmiştir. Yükler adım adım arttırılarak sistemde taban kesme kuvveti-

tepe yer değiştirmesi eğrisi elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 9.10'da ve eğri Şekil 9.6'da verilmiştir. [6]

Tablo 9.10 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Yer Değiştirme Değerleri

Taban Kesme Kuvveti (kN)	0	1998	4347	4744	6908	7396	7416	7449	7463	7488	7553	7729	7738	7740	7827	7836	7847	7860	7876
Tepe Yer Değiştirmesi (m)	0	0,018	0,040	0,047	0,126	0,157	0,160	0,169	0,177	0,214	0,279	0,387	0,392	0,395	0,478	0,484	0,488	0,496	0,498
Taban Kesme Kuvveti (kN)	7885	7929	7959	7970	7994	8038	8043	8044	8044	8045	8067	8074	8068	8074	8076	8113	8114	8108	8105
Tepe Yer Değiştirmesi (m)	0,510	0,532	0,535	0,540	0,545	0,549	0,550	0,552	0,557	0,566	0,569	0,571	0,589	0,593	0,603	0,606	0,607	0,617	0,623
Taban Kesme Kuvveti (kN)	8116	8118	8131	8131	8137	8124	8135	8142	8146	8160	8160	8157	8181	8181	8177	8183	8171		
Tepe Yer Değiştirmesi (m)	0,626	0,627	0,629	0,629	0,631	0,644	0,647	0,648	0,652	0,653	0,653	0,659	0,661	0,661	0,665	0,666	0,672		

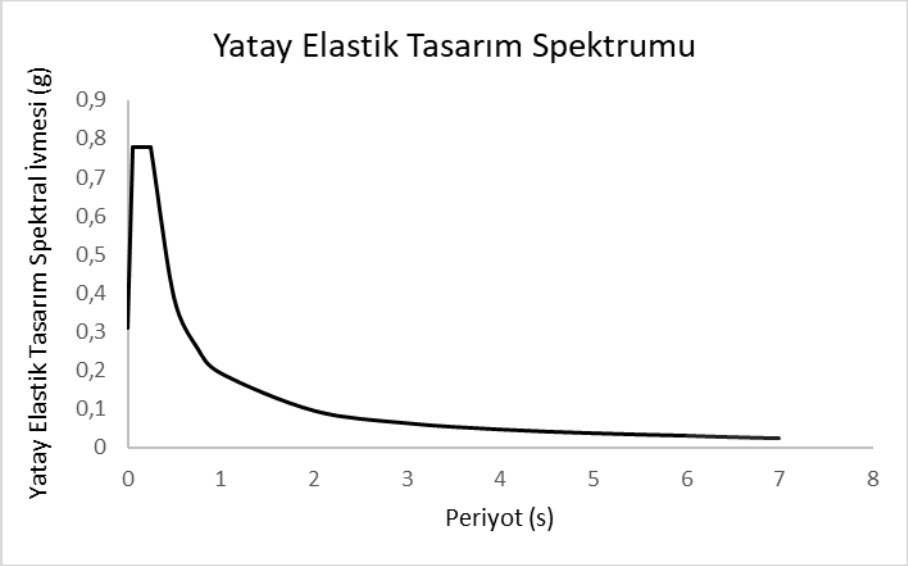


Şekil 9.6 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Statik İtme Eğrisi

Şekildeki statik itme eğrisi incelendiğinde sistemin kapasitesine kadar arttığı, o değerden sonra daha fazla artmadığı sistemin tepe yer değiştirmesinin arttığı görülür. Yük adım adım arttırıldığında sistem ilk kısımda doğrusal davranış gösterir. Sistemde plastik şekil değiştirmelerin meydana gelmesiyle plastik mafsallar oluşur ve doğrusal olmayan davranış ortaya çıkar. Grafiğin eğimi rijitlik hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar. Plastik mafsalların oluşmasıyla yanal rijitlik azalacağından şekilde görüldüğü gibi grafiğin eğimi azalır. Yük artmaya devam ederken grafiğin eğimi azalarak sıfırlanır ve göçme durumuna gelir. Göçme durumunda eğim (rijitlik) sıfırdır. [6]

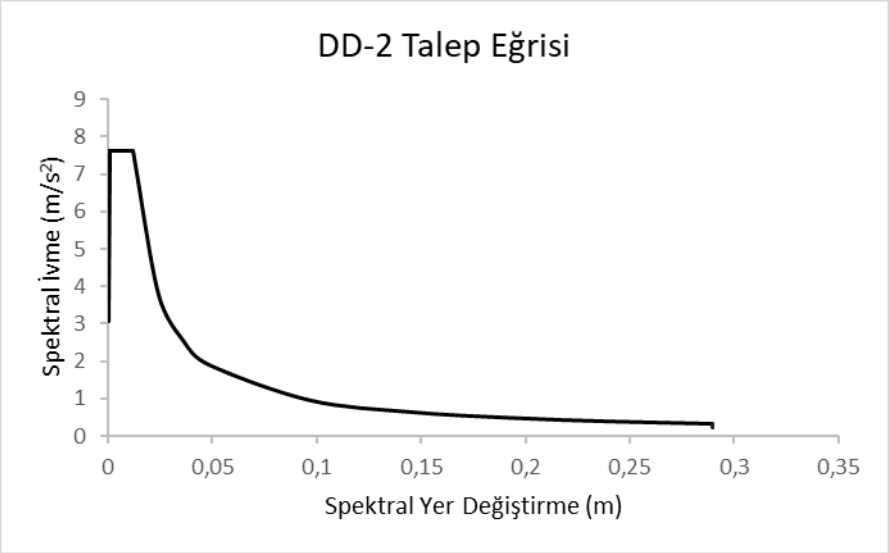
9.1.3 Performans Noktasının ve Karşı Gelen Performans Bölgelerinin Belirlenmesi

8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem'in performans noktasını bulmak için talep ve kapasite eğrileri uygun dönüşümlerle spektral ivme-spektral yer değiştirme eksenlerine dönüştürülür. Daha sonra kapasite eğrisi başlangıç teğeti (bu teğet doğrusal elastik kapasite eğrisidir) çizilir ve spektrumla kesişen nokta ile depremin talebi ve sistemin talebe cevap verdiği yer değiştirme elde edilmiş olur. Anlatılan işlem adımları aşağıda ayrıntılı olarak gösterilmiştir. [6]



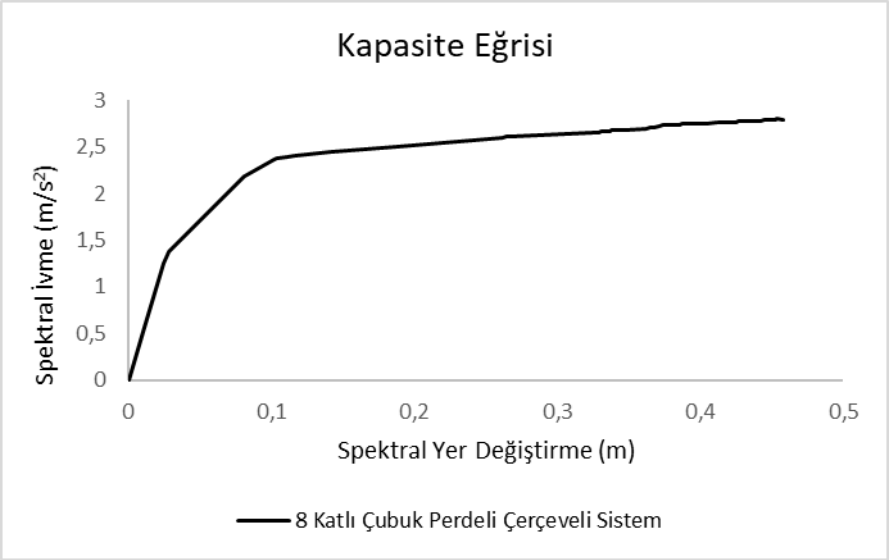
Şekil 9.7 DD-2 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Şekil 9.7'de verilen DD-2 yatay elastik tasarım spektrumu düşey eksende spektral ivme (g), yatay eksende periyoda sahiptir. Düşey eksen g=9,81 m/s^2 ile çarpılmış, yatay eksende $S_d=S_a\times T^2/(2\pi)^2$ denklemi ile dönüşüm yapılarak aşağıdaki şekilde spektral ivme-spektral yer değiştirme grafiği elde edilmiştir. [6]



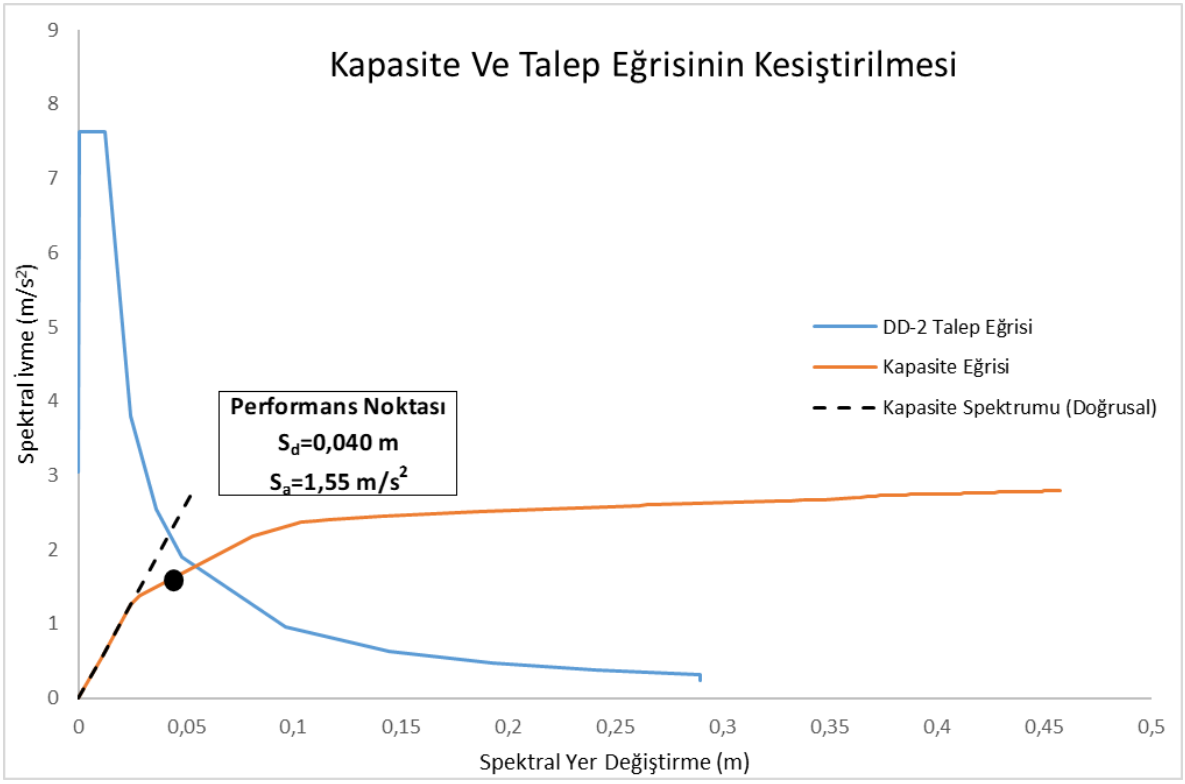
Şekil 9.8 DD-2 Talep Eğrisi

Daha sonra sistemin kapasite eğrisi $S_{a,kapasite}$ ve $S_{d,kapasite}$ olarak elde edilmiş düşey eksen g=9,81 m/s^2 ile çarpılmıştır. [6]



Şekil 9.9 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Kapasite Eğrisi

Eksen takımları eşitlenen bu iki eğri aynı grafikte birleştirilir ve doğrusal kapasite eğrisi çizilerek talep eğrisiyle kesişen nokta sistemin performans noktası olur. Performans noktasının bulunmasıyla sistemin deprem talebine verdiği spektral yer değiştirme elde edilir. [6]



Şekil 9.10 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Performans Noktasının Bulunması

Şekil 9.10'da görüldüğü üzere 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem'in spektral yer değiştirme değeri S_d=0,040 m, spektral ivme değeri S_a=1,55 m/s^2 olarak bulunur. Performans noktasına karşılık gelen taban kesme kuvveti değeri V=5205,20 kN ve tepe yer değiştirmesi u=0,064 m olarak elde edilir. Sistemin kapasitesi yüksek olduğu için sistemin elastik kaldığı görülmektedir.

Performans noktasının tepe yer değiştirmesi u=0,064 m'ye kadar statik itme gerçekleştirilmiş ve ortaya çıkan plastik mafsal dönme değerleri belirlenmiş ve Tablo 9.11'de gösterilmiştir. Bu değerlere göre kesitlerdeki performans bölgeleri ve hasar bölgeleri tespit edilmiştir.

Sistemlerin performans noktasında oluşan plastik mafsalların dönme değerleri SAP2000 programıyla elde edilmiştir. Bu değerler TBDY'de belirtilen formüllerle daha önce bulunmuş olan performans seviyeleri için dönme sınır değerleri ile karşılaştırılmış, performans bölgesi ve hasar bölgesi tespit edilmiştir. Tablo 9.11 ve Tablo 9.12'de görüleceği üzere oluşan bütün plastik mafsallar kontrollü hasar bölgesini aşmamıştır ve böylece tasarımda öngörülen performans hedefi sağlanmıştır. Hasar bölgeleri bütün mafsallarda $\theta_p^{(SH)}<\theta_p<\theta_p^{(KH)}$ sağladığı için belirgin hasar bölgesi olarak belirlenmiştir.

Tablo 9.11 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri

8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri								
Kat	**Kiriş No**	**Kiriş Adı**	**Mafsal Türü**	**M_3 (kNm)**	**R_3 (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**Hasar Bölgesi**
BK	4	K104	4H1	-97,35	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			4H2	-29,75	0			
			4H1	-163,38	-0,000025			
			4H2	-97,35	0			
BK	7	K104	7H1	-97,35	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			7H2	-30,29	0			
			7H1	-163,56	-0,000026			
			7H2	-97,35	0			
ZK	74	K101	74H1	-130,78	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			74H2	112,46	0			
			74H1	-331,41	-0,000462			
			74H2	-102,96	0			
ZK	76	K104	76H1	-95,66	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			76H2	44,49	0			
			76H1	-162,90	-0,001464			
			76H2	-95,66	0			
ZK	79	K104	79H1	-95,66	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			79H2	42,95	0			
			79H1	-163,56	-0,001466			
			79H2	-95,66	0			
ZK	82	K101	82H1	-130,78	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			82H2	109,27	0			
			82H1	-332,83	-0,000369			
			82H2	-102,96	0			
1	110	K101	110H1	-131,90	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			110H2	128,38	0			
			110H1	-332,83	-0,001184			
			110H2	-102,62	0			
1	112	K104	112H1	-95,51	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			112H2	63,92	0			
			112H1	-162,88	-0,001828			
			112H2	-95,51	0			
1	115	K104	115H1	-95,51	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			115H2	61,97	0			
			115H1	-163,56	-0,001837			
			115H2	-95,51	0			
1	118	K101	118H1	-131,90	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			118H2	124,27	0			
			118H1	-331,73	-0,001158			
			118H2	-102,62	0			
2	145	K101	145H1	-101,85	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			145H2	119,37	0			
			145H1	-332,80	-0,000295			
			145H2	-133,04	0			
2	146	K101	146H1	-133,04	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			146H2	148,32	0			
			146H1	-330,63	-0,001803			
			146H2	-101,85	0			

2	148	K104	148H1	-95,24	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			148H2	79,80	0			
			148H1	-162,87	-0,002139			
			148H2	-95,24	0			
2	151	K104	151H1	-95,24	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			151H2	77,50	0			
			151H1	-163,56	-0,002152			
			151H2	-95,24	0			
2	153	K101	153H1	-101,85	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			153H2	116,47	0			
			153H1	-329,76	-0,000395			
			153H2	-133,04	0			
2	154	K101	154H1	-133,04	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			154H2	145,25	0			
			154H1	-332,72	-0,001733			
			154H2	-101,85	0			
3	181	K101	181H1	-97,50	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			181H2	126,29	0			
			181H1	-330,41	-0,000376			
			181H2	-135,65	0			
3	182	K101	182H1	-135,65	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			182H2	153,00	0			
			182H1	-330,29	-0,002041			
			182H2	-97,50	0			
3	184	K104	184H1	-94,93	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			184H2	86,46	0			
			184H1	-162,46	-0,002267			
			184H2	-94,93	0			
3	187	K104	187H1	-94,93	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			187H2	84,03	0			
			187H1	-163,15	-0,002281			
			187H2	-94,93	0			
3	189	K101	189H1	-97,50	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			189H2	124,82	0			
			189H1	-331,65	-0,000383			
			189H2	-135,65	0			
3	190	K101	190H1	-135,65	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			190H2	150,20	0			
			190H1	-332,83	-0,001972			
			190H2	-97,50	0			
4	217	K101	217H1	-90,76	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			217H2	126,26	0			
			217H1	-331,79	-0,0000005			
			217H2	-139,46	0			
4	218	K101	218H1	-139,46	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			218H2	149,88	0			
			218H1	-330,89	-0,002040			
			218H2	-90,76	0			
4	220	K104	220H1	-95,24	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			220H2	84,99	0			
			220H1	-162,83	-0,002240			
			220H2	-95,24	0			

4	223	K104	223H1	-95,24	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			223H2	82,48	0			
			223H1	-163,56	-0,002256			
			223H2	-95,24	0			
4	225	K101	225H1	-90,76	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			225H2	123,89	0			
			225H1	-330,73	-0,000065			
			225H2	-139,46	0			
4	226	K101	226H1	-139,46	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			226H2	146,16	0			
			226H1	-329,68	-0,002047			
			226H2	-90,76	0			
5	253	K101	253H1	-95,62	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			253H2	124,95	0			
			253H1	-331,85	-0,000236			
			253H2	-137,41	0			
5	254	K101	254H1	-137,41	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			254H2	151,16	0			
			254H1	-329,96	-0,002031			
			254H2	-95,62	0			
5	256	K104	256H1	-93,17	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			256H2	88,72	0			
			256H1	-162,95	-0,002235			
			256H2	-93,17	0			
5	259	K104	259H1	-93,17	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			259H2	86,59	0			
			259H1	-163,56	-0,002245			
			259H2	-93,17	0			
5	261	K101	261H1	-95,62	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			261H2	122,13	0			
			261H1	-330,19	-0,000279			
			261H2	-137,41	0			
5	262	K101	262H1	-137,41	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			262H2	148,73	0			
			262H1	-332,83	-0,001967			
			262H2	-95,62	0			
6	290	K101	290H1	-133,61	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			290H2	140,60	0			
			290H1	-331,58	-0,001379			
			290H2	-57,11	0			
6	292	K104	292H1	-92,55	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			292H2	45,10	0			
			292H1	-163,56	-0,001322			
			292H2	-92,55	0			
6	295	K104	295H1	-92,55	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			295H2	41,13	0			
			295H1	-163,56	-0,001369			
			295H2	-92,55	0			
6	298	K101	298H1	-133,61	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			298H2	138,35	0			
			298H1	-332,56	-0,001349			
			298H2	-57,11	0			

Tablo 9.12 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri

8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri												
Kat	**Kolon/Perde No**	**Kolon/Perde Adı**	**Mafsal Türü**	**P (kN)**	**M_2 (kNm)**	**M_3 (kNm)**	**U_1 (m)**	**R_2 (rad)**	**R_3 (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**Hasar Bölgesi**
6	328	S101-6	328H1	-132,21	-76,95	-76,95	0	0	0	0,014	0,018	Belirgin Hasar Bölgesi
			328H2	-116,01	133,08	286,61	0,000043	0,000159	0,000322			
			328H1	-196,21	-101,69	-213,01	0	0	0			
			328H2	-180,01	99,51	99,51	0	0	0			
ZK	105	P101 ZK-BK	105H1	-4036,51	232,84	0,00	0,001770	0,001294	0	0,0007	0,0009	Belirgin Hasar Bölgesi
			105H1	-4225,61	0,26	-23068,30	0	0	-0,000691			
ZK	106	P101 ZK-BK	106H1	-4328,1	41,22	0,00	0,001496	0	0	0,0007	0,0009	Belirgin Hasar Bölgesi
			106H1	-4358,9	-260,26	-23352,77	0	-0,001983	-0,000653			

9.2 8 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM

Yapılan işlem adımları ayrıntılı olarak 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem'de gösterildiği için bu bölüm ve bundan sonraki bölümlerde sonuçlar doğrudan ayrıntıya girilmeden verilmiştir.

9.2.1 Plastik Mafsal Sınır Değerlerinin Belirlenmesi

9.2.1.1 Kiriş Kesiti Sınır Değerleri

Tablo 9.13 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

8 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM										
Moment Yönü	**Kiriş**	**b (m)**	**h (m)**	**L (m)**	**A_s (mm^2)**	**A_s' (mm^2)**	**M_y (kNm)**	**Φ_y (rad/m)**	**M_u (kNm)**	**Φ_u (rad/m)**
Pozitif Moment	K101	0,30	0,70	8	603	942	134,77	0,0038	186,83	0,0519
Negatif Moment		0,30	0,70	8	942	603	205,96	0,0040	288,76	0,0524
Pozitif Moment	K103	0,30	0,70	8	1257	1257	272,81	0,0041	382,40	0,0529
Negatif Moment		0,30	0,70	8	1257	1257	272,81	0,0041	382,40	0,0529
Pozitif Moment	K104	0,30	0,70	6	603	603	134,21	0,0038	186,94	0,0519
Negatif Moment		0,30	0,70	6	603	603	134,21	0,0038	186,94	0,0519

Tablo 9.14 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

8 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Kiriş	**ε_{su}**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(GÖ)}$**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(KH)}$**	**$\theta_p^{(SH)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(SH)}$**
K101	0,08	0,014	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
	0,08	0,014	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
K103	0,08	0,014	0,032	0,011	0,024	0	0,0075
	0,08	0,014	0,032	0,011	0,024	0	0,0075
K104	0,08	0,013	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
	0,08	0,013	0,032	0,010	0,024	0	0,0075

9.2.1.2 Kolon Kesiti Sınır Değerleri

Tablo 9.15 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde $N_{G+0,3Q+E}$ Değerleri

8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem			
Kolon No	**Kat**	**$N_{G+0,3Q+E}$ (kN)**	**N_{ort} (kN)**
S101	6.Normal Kat	179,16	179,16
	5.Normal Kat	395,36	502,09
	4.Normal Kat	608,82	
	3.Normal Kat	829,38	1049,89
	2.Normal Kat	1050,82	
	1.Normal Kat	1269,48	
	Zemin Kat	1490,35	1222,60
	Bodrum Kat	954,84	
S103	6.Normal Kat	492,57	2376,65
	5.Normal Kat	1030,65	
	4.Normal Kat	1571,15	
	3.Normal Kat	2111,04	
	2.Normal Kat	2650,74	
	1.Normal Kat	3189,78	
	Zemin Kat	3727,42	
	Bodrum Kat	4239,83	
P101	Zemin Kat	4356,16	3989,64
	Bodrum Kat	3623,12	

Tablo 9.16 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

8 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM											
Kolon	**b (m)**	**h (m)**	**H (m)**	**A_s (mm^2)**	**A_s' (mm^2)**	**A_s'' (mm^2)**	**N_{ort} (kN)**	**M_y (kNm)**	**Φ_y (rad/m)**	**M_u (kNm)**	**Φ_u (rad/m)**
S101 (6)	0,45	0,45	3,2	1847	1847	1231	179,16	323,48	0,00761	471,27	0,09295
S101 (5-4)	0,45	0,45	3,2	942	942	628	502,09	239,41	0,00762	321,64	0,09131
S101 (3-1)	0,50	0,50	3,2	942	942	628	1049,89	362,62	0,0072	453,22	0,08846
S101 (ZK-BK)	0,55	0,55	3,2	1473	1473	982	1222,60	539,84	0,0065	683,32	0,08115
S103 (6-BK)	0,55	0,55	3,2	1473	1473	982	2376,77	730,52	0,0075	719,83	0,06436

Tablo 9.17 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

8 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Kolon	ε_{su}	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(SH)}$
S101 (6)	0,08	0,020	0,032	0,015	0,024	0	0,0075
S101 (5-4)	0,08	0,017	0,032	0,013	0,024	0	0,0075
S101 (3-1)	0,08	0,018	0,032	0,013	0,024	0	0,0075
S101 (ZK-BK)	0,08	0,019	0,032	0,014	0,024	0	0,0075
S103 (6-BK)	0,05	0,014	0,019	0,011	0,014	0	0,0075

9.2.1.3 Perde Kesiti Sınır Değerleri

Kabuk perdelerde doğrusal olmayan davranış beton ve donatı elemanlarıyla modellenir. SAP2000 programında başlık ve gövde kabuk elemanlarının tipi Shell-Layered/Nonlinear olarak tanımlandıktan sonra Quick Start ile perde özellikleri tanımlanmıştır. [1] Beton ve donatı malzemesi seçilir ve beton kalınlığı girilir. Sonrasında düzlem içi eleman davranışı boyuna gerilmelerin eğilme momenti sebebiyle büyük olacağı S22 doğrultusunda doğrusal olmayan ve enine gerilmelerin düşük olması sebebiyle S11 doğrultusunda ve yine gerilmelerin düşük olduğu düzlem dışı plak davranışında ise doğrusal olarak kabul edilmiştir.

Perdelerde üst ve alt düşey ve yatay donatıların donatı çapı, iki donatı arası mesafe ve paspayı değerleri aşağıda verildiği gibi olabildiğince kullanılan değerlere uygulamaya yakın olacak biçimde kabuk elemanlar tanımlanmış olur. Kabuk elemanında perde başlık bölgeleri yanal yer değiştirmesi sınırlandırılmış eleman olarak tanımlandığı için ayrıca yatay donatının etkisinin hesaba katılması söz konusu olmamıştır.

Kullanılan modelde kabuk eleman düzlem içi gerilmelere maruz üç tabaka olarak kabul edilmektedir. Bunlarda ortada bulunan beton tabakası yanal şekil değiştirmesi sınırlandırılmış veya sınırlandırılmamış olarak kabul edilmekte ve sigma-epsilon değişimi verilebilmektedir. Bunun iki yanında donatı tabakası bulunmaktadır. Bu tabaka eşdeğer kalınlığı ile hesaba katılırken, sadece tanımlanan (düşey) doğrultuda gerilme karşılayabilmektedir.

2-BK Başlık bölgesi düşey donatısı 12Φ20, iki donatı arası mesafe 0,25 m,

Donatı kalınlığı 3,14 cm^2/25 cm=0,1256 cm=0,001256 m

5-3 Başlık bölgesi düşey donatısı 8Φ20, iki donatı arası mesafe 0,22 m,

Donatı kalınlığı 3,14 cm^2/22 cm=0,143 cm=0,00143 m

6 Başlık bölgesi düşey donatısı 8Φ25, iki donatı arası mesafe 0,22 m,

Donatı kalınlığı 4,91 cm^2/22 cm=0,223 cm=0,00223 m

Gövde bölgesi düşey donatısı Φ10/200

Donatı kalınlığı 0,79 cm^2/20 cm=0,0395 cm=0,000395 m

8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem için tanımlanmış kabuk elemanlar Tablo 9.18'de verilmiştir.

Tablo 9.18 8 Katlı Kabuk Perdeli Sistem'de Doğrusal Olmayan Modelleme İçin Tanımlanan Kesitler

Section Name	Layer Name	Distance	Thickness	Type	Num Int. Number	Material	Material Angle	Type	Material Component Behavior S11	S22	S12
2-BK Başlık	ConcM	0	0,3	Membran	1	C35-Sargılı	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
	TopBar2M	0,11	0,001256	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	BotBar2M	-0,11	0,001256	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	ConcP	0	0,3	Plate	2	C35-Sargılı	0	Directional	Linear	Linear	Linear
5-3 Başlık	ConcM	0	0,3	Membran	1	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
	TopBar2M	0,11	0,001427	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	BotBar2M	-0,11	0,001427	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	ConcP	0	0,3	Plate	2	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Linear	Linear
6 Başlık	ConcM	0	0,3	Membran	1	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
	TopBar2M	0,11	0,002232	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	BotBar2M	-0,11	0,002232	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	ConcP	0	0,3	Plate	2	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Linear	Linear
Gövde	ConcM	0	0,3	Membran	1	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
	TopBar2M	0,11	0,000393	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	BotBar2M	-0,11	0,000393	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	ConcP	0	0,3	Plate	2	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Linear	Linear

Tablo 9.19 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

8 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM											
Perde	b (m)	h (m)	H (m)	A_s (mm^2)	A_s' (mm^2)	A_s'' (mm^2)	N_{ort} (kN)	M_y (kNm)	Φ_y (rad/m)	M_u (kNm)	Φ_u (rad/m)
P103 (ZK-BK)	6,30	0,30	3,2	5184	5184	0	3989,64	924,98	0,0114	1165,86	0,1436
P101 (ZK-BK)	6,30	0,30	3,2	5184	5184	0	3989,64	16917	0,00048	23885	0,00615

Tablo 9.20 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Dönme Sınırları

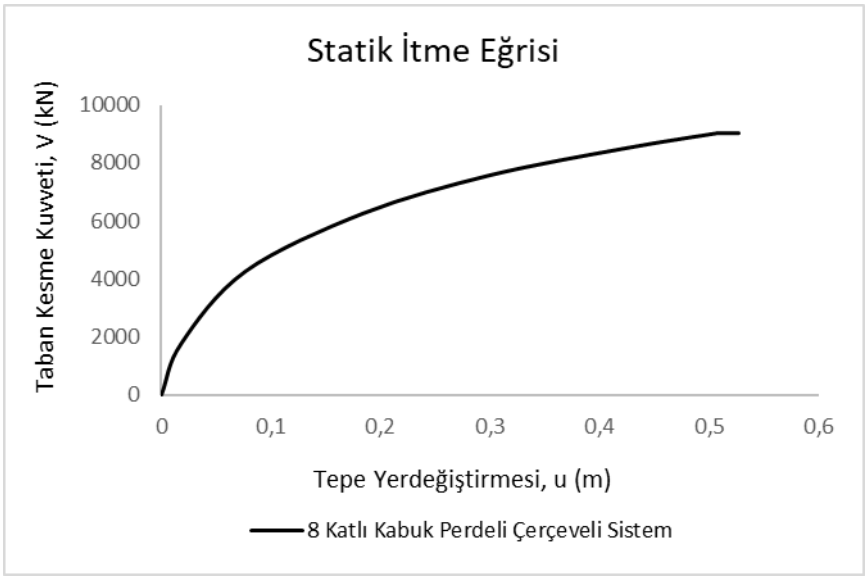
8 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Perde	ε_{su}	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(SH)}$
P103 (ZK-BK)	0,08	0,0212	0,032	0,0159	0,024	0	0,0075
P101 (ZK-BK)	0,08	0,0009	0,032	0,0007	0,024	0	0,0075

9.2.2 Statik İtme Eğrisinin Elde Edilmesi

Sistemin birinci titreşim modu U_x=0,61 kütle katılım oranı ile x doğrultusuna aittir. Bu genlik ve kat kütleleriyle orantılı olarak yatay yükler aralarında oran sabit kalacak şekilde analiz SAP2000 ile yapılarak statik itme eğrisi elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 9.21'de ve eğri Şekil 9.11'de verilmiştir.

Tablo 9.21 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Yer Değiştirme Değerleri

Taban Kesme Kuvveti (kN)	0	1766	4268	6267	7577	8501	9035	9034	9034	9034	9034	9030
Tepe Yer Değiştirmesi (m)	0	0,02	0,08	0,18	0,30	0,42	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,53

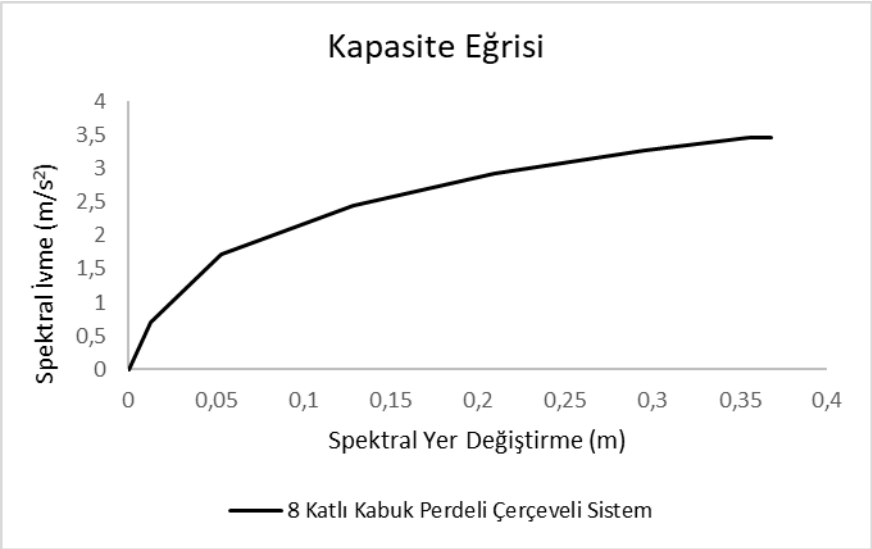


Şekil 9.11 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Statik İtme Eğrisi

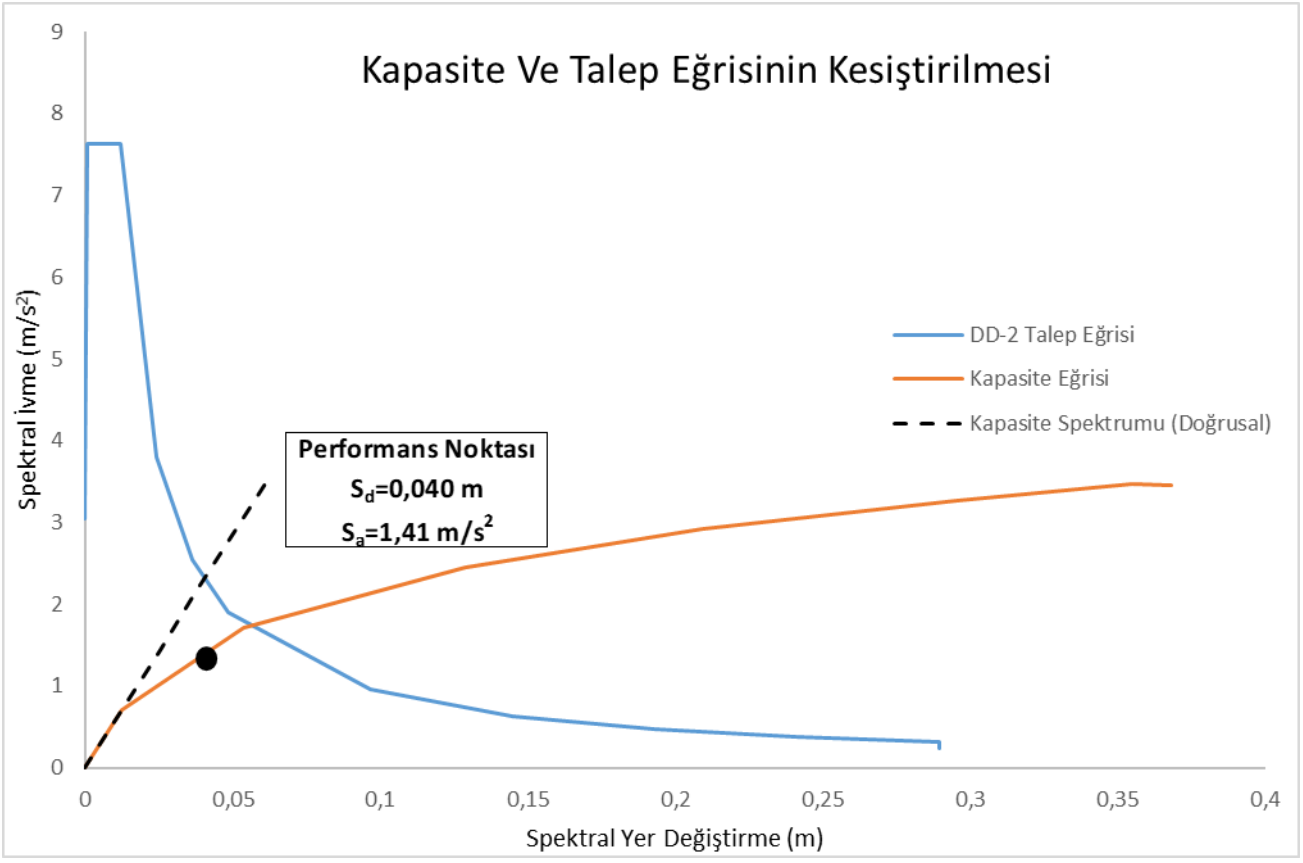
9.2.3 Performans Noktasının ve Karşı Gelen Performans Bölgelerinin Belirlenmesi

DD-2 talep eğrisinin nasıl bulunduğu 8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem'de gösterilmiştir.

8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem'in kapasite eğrisi $S_{a,kapasite}$ ve $S_{d,kapasite}$ olarak elde edilmiş düşey eksen g=9,81 m/s^2 ile çarpılmıştır. Kapasite eğrisi Şekil 9.12'de verilmiştir.



Şekil 9.12 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Kapasite Eğrisi



Şekil 9.13 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Performans Noktasının Bulunması

Şekil 9.13'de görüldüğü üzere 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem'in spektral yer değiştirme değeri S_d=0,040 m, spektral ivme değeri S_a=1,41 m/s^2 olarak bulunur. Performans noktasına karşılık gelen taban kesme kuvveti değeri V=3519,11 kN ve tepe yer değiştirmesi u=0,059 m olarak elde edilir.

Performans noktasının tepe yer değiştirmesi u=0,059 m'ye kadar statik itme gerçekleştirilmiş ve ortaya çıkan plastik mafsal dönme değerleri belirlenmiş, Tablo 9.22 ve Tablo 9.23'de gösterilmiştir. Bu değerlere göre kesitlerdeki performans bölgeleri ve hasar bölgeleri tespit edilmiştir.

Tablo 9.22 ve Tablo 9.23'de görüleceği üzere oluşan bütün plastik mafsallar kontrollü hasar bölgesini aşmamıştır ve böylece tasarımda öngörülen performans hedefi sağlanmıştır. Hasar bölgeleri bütün mafsallarda $\theta_p^{(SH)}<\theta_p<\theta_p^{(KH)}$ sağladığı için belirgin hasar bölgesi olarak belirlenmiştir.

Tablo 9.22 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri

8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri								
Kat	**Kiriş No**	**Kiriş Adı**	**Mafsal Türü**	**M_3 (kNm)**	**R_3 (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**Hasar Bölgesi**
ZK	76	K104	76H1	-95,53	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			76H2	16,30	0			
			76H1	-163,56	-0,000875			
			76H2	-95,53	0			
ZK	79	K104	79H1	-95,53	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			79H2	16,31	0			
			79H1	-163,55	-0,000875			
			79H2	-95,53	0			
1	109	K101	109H1	-148,71	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			109H2	8,42	0			
			109H1	-249,94	-0,000514			
			109H2	-25,08	0			
1	112	K104	112H1	-95,05	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			112H2	57,22	0			
			112H1	-163,55	-0,001674			
			112H2	-95,05	0			
1	113	K103	113H1	-188,63	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			113H2	-33,79	0			
			113H1	-330,66	-0,000103			
			113H2	-173,75	0			
1	115	K104	115H1	-95,05	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			115H2	57,24	0			
			115H1	-163,55	-0,001674			
			115H2	-95,05	0			
1	116	K103	116H1	-188,63	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			116H2	-33,98	0			
			116H1	-330,50	-0,000103			
			116H2	-173,75	0			
1	117	K101	117H1	-148,71	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			117H2	8,42	0			
			117H1	-249,93	-0,000514			
			117H2	-25,08	0			
2	145	K101	145H1	-147,90	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			145H2	11,63	0			
			145H1	-252,35	-0,000842			
			145H2	-25,56	0			
2	147	K103	147H1	-177,82	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			147H2	-12,60	0			
			147H1	-332,58	-0,000137			
			147H2	-184,26	0			
2	148	K104	148H1	-94,74	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			148H2	75,26	0			
			148H1	-163,56	-0,002010			
			148H2	-94,74	0			
2	149	K103	149H1	-184,26	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			149H2	-22,40	0			
			149H1	-332,83	-0,000327			
			149H2	-177,82	0			

2	150	K103	150H1	-177,82	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			150H2	-12,39	0			
			150H1	-332,83	-0,000137			
			150H2	-184,26	0			
2	151	K104	151H1	-94,74	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			151H2	75,28	0			
			151H1	-163,56	-0,002010			
			151H2	-94,74	0			
2	152	K103	152H1	-184,26	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			152H2	-22,63	0			
			152H1	-332,64	-0,000326			
			152H2	-177,82	0			
2	153	K101	153H1	-147,90	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			153H2	11,63	0			
			153H1	-252,35	-0,000842			
			153H2	-25,56	0			
3	181	K101	181H1	-143,01	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			181H2	12,02	0			
			181H1	-252,30	-0,000778			
			181H2	-26,08	0			
3	183	K103	183H1	-173,98	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			183H2	-8,29	0			
			183H1	-330,30	-0,000084			
			183H2	-184,02	0			
3	184	K104	184H1	-94,70	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			184H2	80,20	0			
			184H1	-163,12	-0,002113			
			184H2	-94,70	0			
3	185	K103	185H1	-184,02	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			185H2	-20,11	0			
			185H1	-332,16	-0,000389			
			185H2	-173,98	0			
3	186	K103	186H1	-173,98	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			186H2	-8,06	0			
			186H1	-330,56	-0,000084			
			186H2	-184,02	0			
3	187	K104	187H1	-94,70	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			187H2	80,22	0			
			187H1	-163,11	-0,002113			
			187H2	-94,70	0			
3	188	K103	188H1	-184,02	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			188H2	-20,35	0			
			188H1	-331,96	-0,000389			
			188H2	-173,98	0			
3	189	K101	189H1	-143,01	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			189H2	12,03	0			
			189H1	-252,29	-0,000778			
			189H2	-26,08	0			
4	217	K101	217H1	-135,34	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			217H2	11,70	0			
			217H1	-252,35	-0,000472			
			217H2	-27,06	0			

4	219	K103	219H1	-176,69	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			219H2	-6,92	0			
			219H1	-330,62	-0,000134			
			219H2	-181,08	0			
4	220	K104	220H1	-94,93	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			220H2	78,02	0			
			220H1	-163,38	-0,002080			
			220H2	-94,93	0			
4	221	K103	221H1	-181,08	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			221H2	-21,73	0			
			221H1	-332,25	-0,000325			
			221H2	-176,69	0			
4	222	K103	222H1	-176,69	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			222H2	-6,69	0			
			222H1	-330,89	-0,000134			
			222H2	-181,08	0			
4	223	K104	223H1	-94,93	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			223H2	78,04	0			
			223H1	-163,37	-0,002080			
			223H2	-94,93	0			
4	224	K103	224H1	-181,08	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			224H2	-21,99	0			
			224H1	-332,04	-0,000325			
			224H2	-176,69	0			
4	225	K101	225H1	-135,34	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			225H2	11,70	0			
			225H1	-252,35	-0,000472			
			225H2	-27,06	0			
5	253	K101	253H1	-141,17	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			253H2	11,65	0			
			253H1	-251,05	-0,000818			
			253H2	-26,94	0			
5	255	K103	255H1	-182,20	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			255H2	-2,14	0			
			255H1	-332,56	-0,000310			
			255H2	-179,95	0			
5	256	K104	256H1	-92,50	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			256H2	87,99	0			
			256H1	-163,56	-0,002169			
			256H2	-92,50	0			
5	257	K103	257H1	-179,95	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			257H2	-23,61	0			
			257H1	-332,83	-0,000405			
			257H2	-182,20	0			
5	258	K103	258H1	-182,20	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			258H2	-1,89	0			
			258H1	-332,83	-0,000310			
			258H2	-179,95	0			
5	259	K104	259H1	-92,50	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			259H2	88,02	0			
			259H1	-163,56	-0,002169			
			259H2	-92,50	0			

5	260	K103	260H1	-179,95	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			260H2	-23,88	0			
			260H1	-332,61	-0,000405			
			260H2	-182,20	0			
5	261	K101	261H1	-141,17	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			261H2	11,65	0			
			261H1	-251,05	-0,000818			
			261H2	-26,94	0			
6	292	K104	292H1	-94,40	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			292H2	39,14	0			
			292H1	-163,56	-0,001338			
			292H2	-94,40	0			
6	295	K104	295H1	-94,40	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			295H2	39,17	0			
			295H1	-163,53	-0,001338			
			295H2	-94,40	0			

Tablo 9.23 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri

8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri												
Kat	**Perde Adı**	**Durum**	**F_3 (kN)**	**M_1 (kNm)**	**M_2 (kNm)**	**Nokta**	**$U_{3,sol}$ (m)**	**$U_{3,sağ}$ (m)**	**θ (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**Hasar Bölgesi**
ZK	P101 ZK-BK	Max	4149,20	-203,00	18335,26	14	-0,001	-	-0,000067	0,0007	0,0009	Belirgin Hasar Bölgesi
		Min	3980,05	-207,48	0,00	15	-	0,0006				
ZK	P101 ZK-BK	Max	4151,23	208,60	18338,81	2	-0,001	-	-0,000067	0,0007	0,0009	Belirgin Hasar Bölgesi
		Min	3980,05	203,22	0,00	3	-	0,0006				

9.3 12 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM

9.3.1 Plastik Mafsal Sınır Değerlerinin Belirlenmesi

9.3.1.1 Kiriş Kesiti Sınır Değerleri

Tablo 9.24 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

12 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM										
Moment Yönü	**Kiriş**	**b (m)**	**h (m)**	**L (m)**	**A_s (mm^2)**	**A_s' (mm^2)**	**M_y (kNm)**	**Φ_y (rad/m)**	**M_u (kNm)**	**Φ_u (rad/m)**
Pozitif Moment	K101	0,30	0,70	8	603	1257	144,22	0,0038	184,41	0,0519
Negatif Moment		0,30	0,70	8	1257	603	279,68	0,0042	376,52	0,0534
Pozitif Moment	K103	0,30	0,70	8	942	1963	219,10	0,0039	284,52	0,0524
Negatif Moment		0,30	0,70	8	1963	942	442,34	0,0045	581,97	0,0550
Pozitif Moment	K104	0,30	0,70	6	603	603	134,21	0,00382	186,94	0,05192
Negatif Moment		0,30	0,70	6	603	603	134,21	0,00382	186,94	0,05192

Tablo 9.25 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

12 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Kiriş	**ε_{su}**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(GÖ)}$**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(KH)}$**	**$\theta_p^{(SH)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(SH)}$**
K101	0,08	0,014	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
	0,08	0,014	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
K103	0,08	0,014	0,032	0,011	0,024	0	0,0075
	0,08	0,015	0,032	0,011	0,024	0	0,0075
K104	0,08	0,013	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
	0,08	0,013	0,032	0,010	0,024	0	0,0075

9.3.1.2 Kolon Kesiti Sınır Değerleri

Tablo 9.26 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde $N_{G+0,3Q+E}$ Değerleri

12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem			
Kolon No	**Kat**	**$N_{G+0,3Q+E}$ (kN)**	**N_{ort} (kN)**
S101	10.Normal Kat	179,29	179,29
	9.Normal Kat	399,63	619,55
	8.Normal Kat	618,98	
	7.Normal Kat	840,04	
	6.Normal Kat	1068,65	1413,86
	5.Normal Kat	1299,37	
	4.Normal Kat	1529,50	
	3.Normal Kat	1757,93	
	2.Normal Kat	1989,16	2067,84
	1.Normal Kat	2216,50	
	Zemin Kat	2434,76	
	Bodrum Kat	1630,95	
S103	10.Normal Kat	446,54	1180,45
	9.Normal Kat	933,32	
	8.Normal Kat	1424,49	
	7.Normal Kat	1917,43	
	6.Normal Kat	2419,97	2927,05
	5.Normal Kat	2926,53	
	4.Normal Kat	3434,65	
	3.Normal Kat	3950,78	4209,35
	2.Normal Kat	4467,92	
	1.Normal Kat	4989,22	5504,81
	Zemin Kat	5508,20	
	Bodrum Kat	6017,00	
P101	Zemin Kat	7865,24	7529,25
	Bodrum Kat	7193,26	

Tablo 9.27 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

12 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM											
Kolon	**b (m)**	**h (m)**	**H (m)**	**A_s (mm^2)**	**A_s' (mm^2)**	**A_s'' (mm^2)**	**N_{ort} (kN)**	**M_y (kNm)**	**Φ_y (rad/m)**	**M_u (kNm)**	**Φ_u (rad/m)**
S101 (10)	0,50	0,50	3,2	1473	1473	982	179,29	286,03	0,00633	439,55	0,08013
S101 (9-7)	0,50	0,50	3,2	942	942	628	619,55	295,71	0,00668	389,74	0,08077
S101 (6-3)	0,55	0,55	3,2	1473	1473	982	1413,86	572,84	0,00667	687,48	0,08686
S101 (2-BK)	0,60	0,60	3,2	1473	1473	982	2067,84	755,78	0,00624	834,89	0,07872
S103 (10-7)	0,55	0,55	3,2	1473	1473	982	1180,45	530,32	0,00647	679,77	0,08038
S103 (6-4)	0,60	0,60	3,2	1473	1473	982	2927,05	913,77	0,00681	879,36	0,05865
S103 (3-2)	0,65	0,65	3,2	1593	1593	1062	4209,35	1280,29	0,00665	1071,31	0,04856
S103 (1-BK)	0,70	0,70	3,2	1847	1847	1232	5504,81	1699,15	0,0064	1304,40	0,04311

Tablo 9.28 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

12 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Kolon	ε_{su}	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(SH)}$
S101 (10)	0,08	0,017	0,032	0,013	0,024	0	0,0075
S101 (9-7)	0,08	0,016	0,032	0,012	0,024	0	0,0075
S101 (6-3)	0,08	0,020	0,032	0,015	0,024	0	0,0075
S101 (2-BK)	0,07	0,019	0,0294	0,014	0,022	0	0,0075
S103 (10-7)	0,08	0,018	0,032	0,014	0,000	0	0,0075
S103 (6-4)	0,05	0,014	0,019	0,010	0,014	0	0,0075
S103 (3-2)	0,04	0,012	0,015	0,009	0,011	0	0,0075
S103 (1-BK)	0,03	0,011	0,013	0,008	0,010	0	0,0075

9.3.1.3 Perde Kesiti Sınır Değerleri

Tablo 9.29 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

12 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM											
Perde	**b (m)**	**h (m)**	**H (m)**	A_s (mm^2)	A_s' (mm^2)	A_s'' (mm^2)	N_{ort} (kN)	M_y (kNm)	Φ_y (rad/m)	M_u (kNm)	Φ_u (rad/m)
P103 (ZK-BK)	6,30	0,30	3,2	5184	5184	0	7529,25	1321,51	0,01263	1531,98	0,1514
P101 (ZK-BK)	6,30	0,30	3,2	5184	5184	0	7529,25	24324,90	0,00053	30903,89	0,00658

Tablo 9.30 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

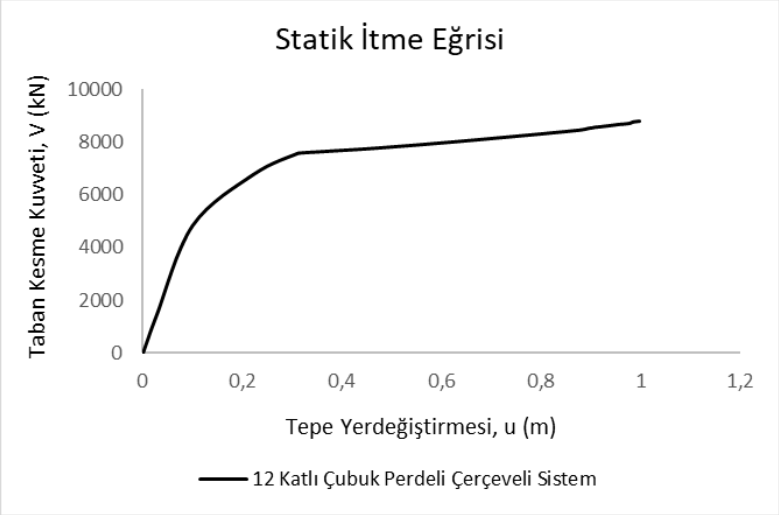
12 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Perde	ε_{su}	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(SH)}$
P103 (ZK-BK)	0,08	0,0223	0,032	0,0167	0,024	0	0,0075
P101 (ZK-BK)	0,08	0,0010	0,032	0,0007	0,024	0	0,0075

9.3.2 Statik İtme Eğrisinin Elde Edilmesi

Sistemin birinci titreşim modu U_x=0,57 kütle katılım oranı ile x doğrultusuna aittir. Bu genlik ve kat kütleleriyle orantılı olarak yatay yükler aralarında oran sabit kalacak şekilde analiz SAP2000 ile yapılarak statik itme eğrisi elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 9.31'de ve eğri Şekil 9.14'de verilmiştir.

Tablo 9.31 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Yer Değiştirme Değerleri

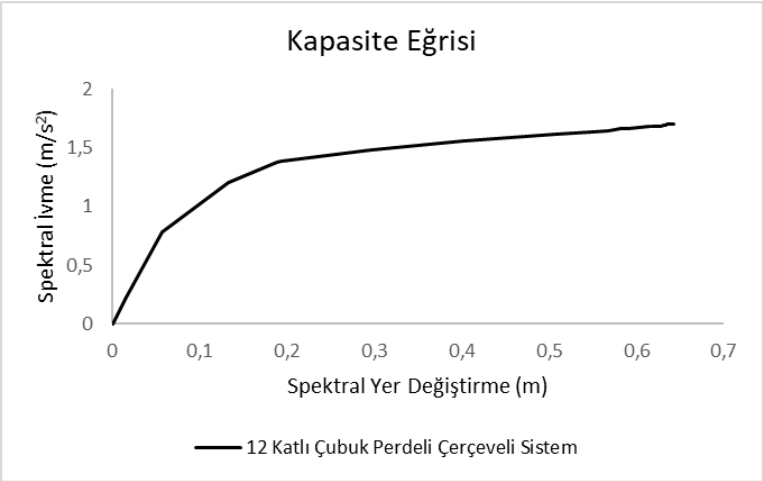
Taban Kesme Kuvveti (kN)	0	1438	4830	6776	7549	7576	7760	8003	8282	8394	8451	8506	8529
Tepe Yer Değiştirmesi (m)	0	0,027	0,100	0,223	0,310	0,317	0,471	0,630	0,792	0,855	0,882	0,896	0,905
Taban Kesme Kuvveti (kN)	8545	8566	8653	8659	8667	8676	8683	8701	8735	8753	8761	8769	8776
Tepe Yer Değiştirmesi (m)	0,908	0,920	0,956	0,962	0,966	0,969	0,975	0,980	0,983	0,987	0,991	0,994	0,998



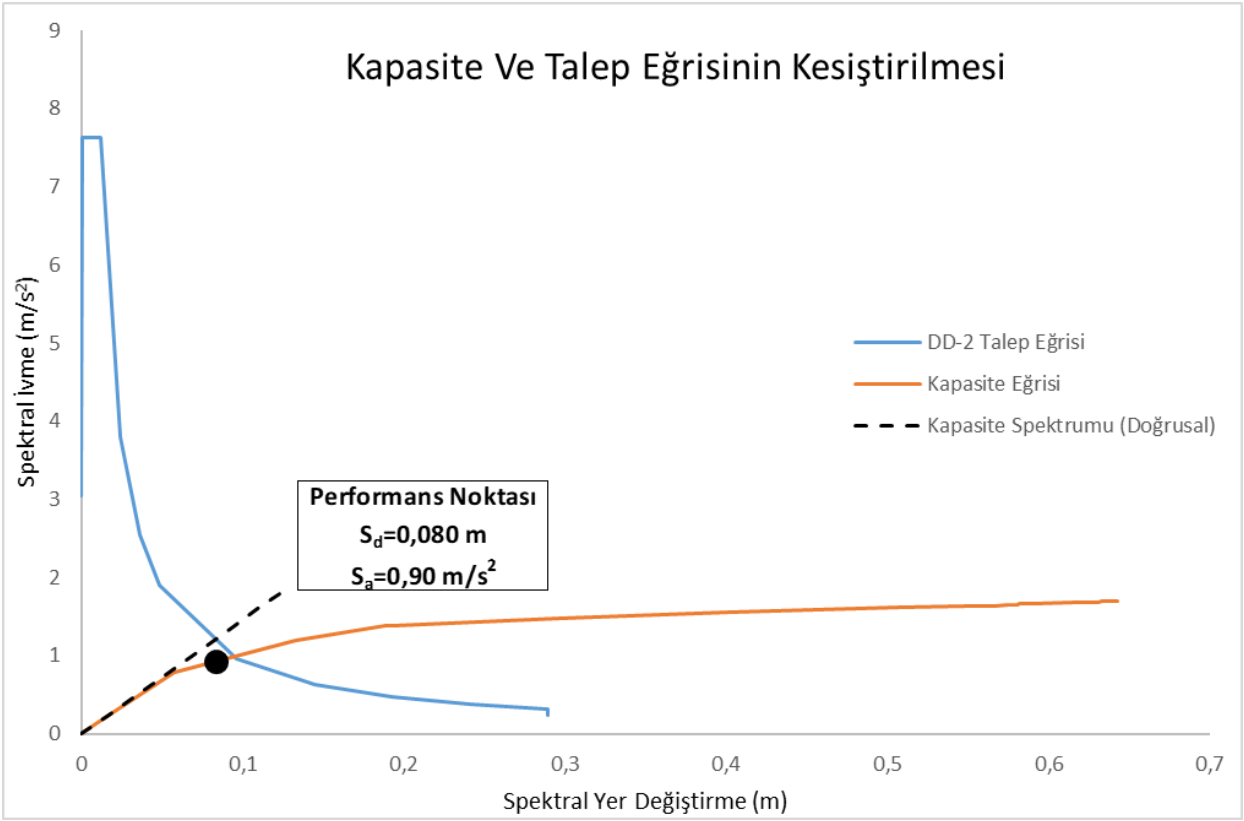
Şekil 9.14 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Statik İtme Eğrisi

9.3.3 Performans Noktasının ve Karşı Gelen Performans Bölgelerinin Belirlenmesi

12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem'in kapasite eğrisi $S_{a,kapasite}$ ve $S_{d,kapasite}$ olarak elde edilmiş düşey eksen g=9,81 m/s^2 ile çarpılmıştır. Kapasite eğrisi Şekil 9.15'de verilmiştir.



Şekil 9.15 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Kapasite Eğrisi



Şekil 9.16 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Performans Noktasının Bulunması

Şekil 9.16'da görüldüğü üzere 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem'in spektral yer değiştirme değeri S_d=0,080 m, spektral ivme değeri S_a=0,90 m/s^2 olarak bulunur. Performans noktasına karşılık gelen taban kesme kuvveti değeri V=5369,88 kN ve tepe yer değiştirmesi u=0,134 m olarak elde edilir.

Performans noktasının tepe yer değiştirmesi u=0,134 m'ye kadar statik itme gerçekleştirilmiş ve ortaya çıkan plastik mafsal dönme değerleri belirlenmiş, Tablo 9.32 ve

Tablo 9.33'de gösterilmiştir. Bu değerlere göre kesitlerdeki performans bölgeleri ve hasar bölgeleri tespit edilmiştir.

Tablo 9.32 ve Tablo 9.33 görüleceği üzere oluşan bütün plastik mafsallar kontrollü hasar bölgesini aşmamıştır ve böylece tasarımda öngörülen performans hedefi sağlanmıştır. Hasar bölgeleri bütün mafsallarda $\theta_p^{(SH)}<\theta_p<\theta_p^{(KH)}$ sağladığı için belirgin hasar bölgesi olarak belirlenmiştir.

Tablo 9.32 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri

12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri								
Kat	**Kiriş No**	**Kiriş Adı**	**Mafsal Türü**	**M_3 (kNm)**	**R_3 (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**Hasar Bölgesi**
BK	4	K104	4H1	-93,65	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			4H2	-16,16	0			
			4H1	-163,45	-0,000148			
			4H2	-93,65	0			
BK	7	K104	7H1	-93,65	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			7H2	-17,27	0			
			7H1	-163,56	-0,000149			
			7H2	-93,65	0			
7	11	K101	11H1	-96,43	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			11H2	163,20	0,000703			
			11H1	-331,03	-0,002039			
			11H2	-138,44	0			
7	12	K101	12H1	-138,44	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			12H2	163,56	0,001087			
			12H1	-332,72	-0,003414			
			12H2	-96,43	0			
7	14	K103	14H1	-214,67	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			14H2	128,03	0			
			14H1	-501,11	-0,000260			
			14H2	-157,46	0			
7	17	K104	17H1	-94,26	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			17H2	137,25	0			
			17H1	-162,34	-0,003247			
			17H2	-94,26	0			
7	27	K104	27H1	-94,26	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			27H2	131,91	0			
			27H1	-163,56	-0,003323			
			27H2	-94,26	0			
7	29	K101	29H1	-96,43	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			29H2	160,76	0,000540			
			29H1	-329,59	-0,002068			
			29H2	-138,44	0			
7	30	K101	30H1	-138,44	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			30H2	160,63	0,001051			
			30H1	-332,83	-0,003493			
			30H2	-96,43	0			
7	40	K104	40H1	-94,26	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			40H2	-39,49	0			
			40H1	-162,53	-0,000521			
			40H2	-94,26	0			
7	43	K104	43H1	-94,26	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			43H2	-7,24	0			
			43H1	-162,76	-0,000120			
			43H2	-94,26	0			
8	57	K101	57H1	-95,51	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			57H2	162,27	0,000548			
			57H1	-331,14	-0,001815			
			57H2	-139,36	0			

8	58	K101	58H1	-139,36	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			58H2	161,43	0,000953			
			58H1	-332,44	-0,003251			
			58H2	-95,51	0			
8	59	K103	59H1	-215,40	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			59H2	122,72	0			
			59H1	-502,09	-0,000046			
			59H2	-155,54	0			
8	60	K104	60H1	-94,39	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			60H2	129,38	0			
			60H1	-162,34	-0,003084			
			60H2	-94,39	0			
8	63	K104	63H1	-94,39	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			63H2	124,94	0			
			63H1	-163,56	-0,003170			
			63H2	-94,39	0			
8	65	K101	65H1	-95,51	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			65H2	163,01	0,000346			
			65H1	-332,83	-0,001802			
			65H2	-139,36	0			
8	66	K101	66H1	-139,36	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			66H2	161,48	0,000861			
			66H1	-332,83	-0,003352			
			66H2	-95,51	0			
8	72	K104	72H1	-94,39	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			72H2	-41,23	0			
			72H1	-161,93	-0,000468			
			72H2	-94,39	0			
ZK	74	K101	74H1	-127,52	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			74H2	124,23	0			
			74H1	-332,83	-0,000739			
			74H2	-109,33	0			
ZK	76	K104	76H1	-92,56	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			76H2	78,78	0			
			76H1	-163,56	-0,001971			
			76H2	-92,56	0			
ZK	79	K104	79H1	-92,56	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			79H2	75,51	0			
			79H1	-162,39	-0,001993			
			79H2	-92,56	0			
ZK	82	K101	82H1	-127,52	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			82H2	116,62	0			
			82H1	-332,83	-0,000598			
			82H2	-109,33	0			
8	86	K104	86H1	-94,39	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			86H2	-10,28	0			
			86H1	-162,13	-0,000082			
			86H2	-94,39	0			
1	109	K101	109H1	-112,18	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			109H2	134,01	0			
			109H1	-332,83	-0,000969			
			109H2	-126,92	0			

1	110	K101	110H1	-126,92	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			110H2	154,85	0			
			110H1	-329,59	-0,001949			
			110H2	-112,18	0			
1	112	K104	112H1	-92,95	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			112H2	106,98	0			
			112H1	-162,80	-0,002547			
			112H2	-92,95	0			
1	115	K104	115H1	-92,95	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			115H2	103,80	0			
			115H1	-163,56	-0,002566			
			115H2	-92,95	0			
1	117	K101	117H1	-112,18	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			117H2	126,18	0			
			117H1	-331,09	-0,000957			
			117H2	-126,92	0			
1	118	K101	118H1	-126,92	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			118H2	148,70	0			
			118H1	-332,83	-0,001813			
			118H2	-112,18	0			
1	128	K104	128H1	-92,95	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			128H2	-40,24	0			
			128H1	-162,99	-0,000178			
			128H2	-92,95	0			
9	133	K101	133H1	-98,98	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			133H2	160,28	0,000462			
			133H1	-332,26	-0,001883			
			133H2	-137,84	0			
9	134	K101	134H1	-137,84	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			134H2	160,36	0,000878			
			134H1	-329,90	-0,003145			
			134H2	-98,98	0			
9	135	K103	135H1	-224,79	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			135H2	123,98	0			
			135H1	-505,88	-0,000133			
			135H2	-152,15	0			
9	136	K104	136H1	-92,51	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			136H2	130,74	0			
			136H1	-162,54	-0,003045			
			136H2	-92,51	0			
9	139	K104	139H1	-92,51	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			139H2	125,49	0			
			139H1	-163,56	-0,003097			
			139H2	-92,51	0			
2	145	K101	145H1	-108,64	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			145H2	163,56	0,000045			
			145H1	-331,09	-0,001806			
			145H2	-129,22	0			
2	146	K101	146H1	-129,22	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			146H2	162,29	0,000544			
			146H1	-332,83	-0,002622			
			146H2	-108,64	0			

2	148	K104	148H1	-93,13	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			148H2	136,38	0			
			148H1	-162,00	-0,003162			
			148H2	-93,13	0			
2	151	K104	151H1	-93,13	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			151H2	131,88	0			
			151H1	-162,80	-0,003206			
			151H2	-93,13	0			
2	153	K101	153H1	-108,64	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			153H2	157,87	0			
			153H1	-331,33	-0,001779			
			153H2	-129,22	0			
2	154	K101	154H1	-129,22	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			154H2	163,56	0,000339			
			154H1	-330,76	-0,002695			
			154H2	-108,64	0			
9	155	K101	155H1	-98,98	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			155H2	161,40	0,000214			
			155H1	-329,89	-0,001894			
			155H2	-137,84	0			
9	156	K101	156H1	-137,84	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			156H2	163,42	0,000742			
			156H1	-332,83	-0,003223			
			156H2	-98,98	0			
2	164	K104	164H1	-93,13	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			164H2	-35,39	0			
			164H1	-162,02	-0,000446			
			164H2	-93,13	0			
2	167	K104	167H1	-93,13	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			167H2	-10,39	0			
			167H1	-161,95	-0,000153			
			167H2	-93,13	0			
9	172	K104	172H1	-92,51	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			172H2	-37,00	0			
			172H1	-163,20	-0,000394			
			172H2	-92,51	0			
9	175	K104	175H1	-92,51	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			175H2	-10,67	0			
			175H1	-162,26	-0,000051			
			175H2	-92,51	0			
3	181	K101	181H1	-105,18	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			181H2	163,54	0,000508			
			181H1	-332,83	-0,002100			
			181H2	-131,72	0			
3	182	K101	182H1	-131,72	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			182H2	163,56	0,000952			
			182H1	-332,83	-0,003106			
			182H2	-105,18	0			
3	184	K104	184H1	-93,34	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			184H2	150,75	0			
			184H1	-162,39	-0,003452			
			184H2	-93,34	0			

3	187	K104	187H1	-93,34	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			187H2	145,59	0			
			187H1	-163,28	-0,003511			
			187H2	-93,34	0			
3	189	K101	189H1	-105,18	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			189H2	161,22	0,000375			
			189H1	-332,81	-0,002113			
			189H2	-131,72	0			
3	190	K101	190H1	-131,72	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			190H2	163,22	0,000808			
			190H1	-332,83	-0,003153			
			190H2	-105,18	0			
3	200	K104	200H1	-93,34	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			200H2	-32,67	0			
			200H1	-163,56	-0,000553			
			200H2	-93,34	0			
3	203	K104	203H1	-93,34	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			203H2	-4,44	0			
			203H1	-163,56	-0,000221			
			203H2	-93,34	0			
4	217	K101	217H1	-104,31	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			217H2	160,68	0,000827			
			217H1	-331,66	-0,002367			
			217H2	-132,93	0			
4	218	K101	218H1	-132,93	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			218H2	162,77	0,001238			
			218H1	-331,51	-0,003416			
			218H2	-104,31	0			
4	219	K103	219H1	-203,34	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			219H2	131,20	0			
			219H1	-503,61	-0,000138			
			219H2	-169,48	0			
4	220	K104	220H1	-93,79	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			220H2	155,44	0			
			220H1	-162,23	-0,003577			
			220H2	-93,79	0			
4	223	K104	223H1	-93,79	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			223H2	149,63	0			
			223H1	-163,17	-0,003648			
			223H2	-93,79	0			
4	225	K101	225H1	-104,31	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			225H2	163,53	0,000573			
			225H1	-331,28	-0,002429			
			225H2	-132,93	0			
4	226	K101	226H1	-132,93	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			226H2	161,84	0,001107			
			226H1	-330,59	-0,003501			
			226H2	-104,31	0			
10	227	K101	227H1	-64,68	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			227H2	161,10	0,000461			
			227H1	-313,19	0			
			227H2	-132,01	0			

10	228	K101	228H1	-132,01	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			228H2	162,17	0,000614			
			228H1	-332,83	-0,002532			
			228H2	-64,68	0			
10	233	K104	233H1	-91,07	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			233H2	77,56	0			
			233H1	-163,56	-0,001879			
			233H2	-91,07	0			
4	236	K104	236H1	-93,79	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			236H2	-33,27	0			
			236H1	-163,35	-0,000621			
			236H2	-93,79	0			
4	239	K104	239H1	-93,79	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			239H2	-2,58	0			
			239H1	-162,05	-0,000270			
			239H2	-93,79	0			
10	243	K104	243H1	-91,07	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			243H2	58,46	0			
			243H1	-163,56	-0,001923			
			243H2	-91,07	0			
10	245	K101	245H1	-64,68	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			245H2	160,97	0,0000002			
			245H1	-283,72	0			
			245H2	-132,01	0			
10	246	K101	246H1	-132,01	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			246H2	160,29	0,000597			
			246H1	-332,83	-0,002620			
			246H2	-64,68	0			
5	253	K101	253H1	-103,74	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			253H2	163,29	0,000888			
			253H1	-332,83	-0,002465			
			253H2	-133,83	0			
5	254	K101	254H1	-133,83	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			254H2	163,56	0,001328			
			254H1	-331,32	-0,003549			
			254H2	-103,74	0			
5	255	K103	255H1	-207,13	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			255H2	138,29	0			
			255H1	-501,30	-0,000353			
			255H2	-165,86	0			
5	256	K104	256H1	-93,33	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			256H2	162,28	0,0000001			
			256H1	-163,56	-0,003671			
			256H2	-93,33	0			
5	259	K104	259H1	-93,33	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			259H2	155,92	0			
			259H1	-162,17	-0,003774			
			259H2	-93,33	0			
5	261	K101	261H1	-103,74	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			261H2	161,98	0,000710			
			261H1	-332,10	-0,002501			
			261H2	-133,83	0			

5	262	K101	262H1	-133,83	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			262H2	161,19	0,001261			
			262H1	-332,73	-0,003590			
			262H2	-103,74	0			
5	272	K104	272H1	-93,33	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			272H2	-31,52	0			
			272H1	-162,89	-0,000661			
			272H2	-93,33	0			
5	275	K104	275H1	-93,33	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			275H2	-0,13	0			
			275H1	-163,56	-0,000281			
			275H2	-93,33	0			
6	289	K101	289H1	-100,47	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			289H2	161,21	0,000871			
			289H1	-329,70	-0,002358			
			289H2	-135,91	0			
6	290	K101	290H1	-135,91	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			290H2	161,57	0,001307			
			290H1	-331,11	-0,003531			
			290H2	-100,47	0			
6	291	K103	291H1	-210,69	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			291H2	135,81	0			
			291H1	-501,74	-0,000343			
			291H2	-161,74	0			
6	292	K104	292H1	-93,81	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			292H2	152,55	0			
			292H1	-162,55	-0,003524			
			292H2	-93,81	0			
6	295	K104	295H1	-93,81	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			295H2	146,92	0			
			295H1	-163,56	-0,003600			
			295H2	-93,81	0			
6	297	K101	297H1	-100,47	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			297H2	161,20	0,000695			
			297H1	-332,83	-0,002309			
			297H2	-135,91	0			
6	298	K101	298H1	-135,91	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			298H2	163,56	0,001151			
			298H1	-332,83	-0,003610			
			298H2	-100,47	0			
6	308	K104	308H1	-93,81	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			308H2	-35,16	0			
			308H1	-161,99	-0,000625			
			308H2	-93,81	0			
6	311	K104	311H1	-93,81	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			311H2	-2,87	0			
			311H1	-162,82	-0,000226			
			311H2	-93,81	0			
10	336	K104	336H1	-91,07	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			336H2	-53,24	0			
			336H1	-162,74	-0,000021			
			336H2	-91,07	0			

Tablo 9.33 12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri

12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri												
Kat	**Kolon/Perde No**	**Kolon/Perde Adı**	**Mafsal Türü**	**P (kN)**	**M_2 (kNm)**	**M_3 (kNm)**	**U_1 (m)**	**R_2 (rad)**	**R_3 (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**Hasar Bölgesi**
10	345	S101-10	345H1	-138,51	81,85	-81,85	0	0	0	0,013	0,017	Belirgin Hasar Bölgesi
			345H2	-118,51	-16,41	372,36	0,000071	0	0,000431			
			345H1	-185,97	19,88	-241,10	0	0	0			
			345H2	-165,97	-110,12	110,12	0	-0,000110	0			
10	347	S101-10	347H1	-138,51	-81,85	-81,85	0	0	0	0,013	0,017	Belirgin Hasar Bölgesi
			347H2	-118,51	178,44	334,48	0,000232	0,000397	0,001450			
			347H1	-226,76	-134,77	-229,85	0	0	0			
			347H2	-206,76	110,12	110,12	0	0	0			
10	349	S103-(10-7)	349H1	-371,83	43,27	-43,27	0	0	0	0,013	0,017	Belirgin Hasar Bölgesi
			349H2	-347,63	122,44	431,88	0,000063	0,000098	0,000359			
			349H1	-389,08	-100,47	-324,24	0	0	0			
			349H2	-364,88	-65,59	65,59	0	0	0			
ZK	105	P101 ZK-BK	105H1	-6322,89	227,98	0,00	0,001293	0,001100	0	0,0007	0,001	Belirgin Hasar Bölgesi
			105H1	-6836,47	-5,36	-27672,26	0	0	-0,000593			
ZK	106	P101 ZK-BK	106H1	-6836,47	6,49	0,00	0,000950	0	0	0,0007	0,001	Belirgin Hasar Bölgesi
			106H1	-7140,17	-279,74	-29437,02	0	-0,001766	-0,000444			

9.4 12 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM

9.4.1 Plastik Mafsal Sınır Değerlerinin Belirlenmesi

9.4.1.1 Kiriş Kesiti Sınır Değerleri

Tablo 9.34 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

12 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM										
Moment Yönü	**Kiriş**	**b (m)**	**h (m)**	**L (m)**	**A_s (mm^2)**	**A_s' (mm^2)**	**M_y (kNm)**	**Φ_y (rad/m)**	**M_u (kNm)**	**Φ_u (rad/m)**
Pozitif Moment	K101	0,30	0,70	8	603	1257	144,22	0,0038	184,41	0,0519
Negatif Moment		0,30	0,70	8	1257	603	279,68	0,0042	376,52	0,0534
Pozitif Moment	K103	0,30	0,70	8	1257	1571	273,49	0,0041	382,43	0,0529
Negatif Moment		0,30	0,70	8	1571	1257	338,10	0,0042	475,73	0,0534
Pozitif Moment	K104	0,30	0,70	6	603	603	134,21	0,00382	186,94	0,05192
Negatif Moment		0,30	0,70	6	603	603	134,21	0,00382	186,94	0,05192

Tablo 9.35 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

12 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Kiriş	ε_{su}	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(SH)}$
K101	0,08	0,014	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
	0,08	0,014	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
K103	0,08	0,014	0,032	0,011	0,024	0	0,0075
	0,08	0,014	0,032	0,011	0,024	0	0,0075
K104	0,08	0,013	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
	0,08	0,013	0,032	0,010	0,024	0	0,0075

9.4.1.2 Kolon Kesiti Sınır Değerleri

Tablo 9.36 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde $N_{G+0,3Q+E}$ Değerleri

12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem			
Kolon No	**Kat**	$N_{G+0,3Q+E}$ (kN)	N_{ort} (kN)
S101	10.Normal Kat	203,26	203,26
	9.Normal Kat	446,58	688,20
	8.Normal Kat	687,71	
	7.Normal Kat	930,32	
	6.Normal Kat	1179,64	1554,10
	5.Normal Kat	1430,46	
	4.Normal Kat	1679,78	
	3.Normal Kat	1926,51	
	2.Normal Kat	2175,40	2256,71
	1.Normal Kat	2419,48	
	Zemin Kat	2656,06	
	Bodrum Kat	1775,91	
S103	10.Normal Kat	499,35	1325,63
	9.Normal Kat	1049,62	
	8.Normal Kat	1600,40	
	7.Normal Kat	2153,13	
	6.Normal Kat	2714,62	3279,24
	5.Normal Kat	3279,25	
	4.Normal Kat	3843,85	
	3.Normal Kat	4414,78	4699,68
	2.Normal Kat	4984,57	
	1.Normal Kat	5555,72	6110,95
	Zemin Kat	6121,89	
	Bodrum Kat	6655,24	
P101	Zemin Kat	6994,94	6299,65
	Bodrum Kat	5604,35	

Tablo 9.37 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

12 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM											
Kolon	b (m)	h (m)	H (m)	A_s (mm^2)	A_s' (mm^2)	A_s'' (mm^2)	N_{ort} (kN)	M_y (kNm)	Φ_y (rad/m)	M_u (kNm)	Φ_u (rad/m)
S101 (10)	0,50	0,50	3,2	1847	1847	982	203,26	373,12	0,00657	541,73	0,08077
S101 (9-7)	0,50	0,50	3,2	942	942	628	688,20	307,31	0,00676	402,71	0,08173
S101 (6-3)	0,55	0,55	3,2	1473	1473	982	1554,10	592,52	0,00677	683,16	0,0891
S101 (2-BK)	0,60	0,60	3,2	1473	1473	982	2256,71	809,78	0,0064	869,05	0,06949
S103 (10-7)	0,55	0,55	3,2	1473	1473	982	1325,63	564,51	0,00661	688,3	0,08397
S103 (6-4)	0,60	0,60	3,2	1473	1473	982	3279,24	995,51	0,00709	865,87	0,055
S103 (3-2)	0,65	0,65	3,2	1593	1593	1062	4699,68	1350,54	0,00691	1042,97	0,04679
S103 (1-BK)	0,70	0,70	3,2	1847	1847	1232	6110,95	1799,37	0,00669	1390,32	0,03641

Tablo 9.38 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

Kolon	ε_{su}	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(SH)}$
S101 (10)	0,08	0,018	0,032	0,014	0,024	0	0,0075
S101 (9-7)	0,08	0,016	0,032	0,012	0,024	0	0,0075
S101 (6-3)	0,08	0,020	0,031	0,015	0,023	0	0,0075
S101 (2-BK)	0,06	0,017	0,0258	0,012	0,019	0	0,0075
S103 (10-7)	0,08	0,019	0,032	0,014	0,024	0	0,0075
S103 (6-4)	0,04	0,013	0,016	0,010	0,012	0	0,0075
S103 (3-2)	0,03	0,011	0,014	0,009	0,010	0	0,0075
S103 (1-BK)	0,03	0,009	0,011	0,007	0,008	0	0,0075

9.4.1.3 Perde Kesiti Sınır Değerleri

Yapılan işlem adımları ayrıntılı olarak 8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem'de gösterildiği için bu bölüm ve bundan sonraki bölümlerde sonuçlar doğrudan ayrıntıya girilmeden verilmiştir.

2-BK Başlık bölgesi düşey donatısı 12Φ20, iki donatı arası mesafe 0,25 m,

Donatı kalınlığı 3,14 cm^2/25 cm=0,1256 cm=0,001256 m

9-3 Başlık bölgesi düşey donatısı 8Φ20, iki donatı arası mesafe 0,22 m,

Donatı kalınlığı 3,14 cm^2/22 cm=0,143 cm=0,00143 m

10 Başlık bölgesi düşey donatısı 8Φ25, iki donatı arası mesafe 0,22 m,

Donatı kalınlığı 4,91 cm^2/22 cm=0,223 cm=0,00223 m

Gövde bölgesi düşey donatısı Φ10/200

Donatı kalınlığı 0,79 cm^2/20 cm=0,0395 cm=0,000395 m

12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem için tanımlanmış kabuk elemanlar Tablo 9.39'da verilmiştir.

Tablo 9.39 12 Katlı Kabuk Perdeli Sistem'de Doğrusal Olmayan Modelleme İçin Tanımlanan Kesitler

Section Name	Layer Name	Distance	Thickness	Type	Num Int. Number	Material	Material Angle	Type	Material Component Behavior		
									S11	S22	S12
2-BK Başlık	ConcM	0	0,3	Membran	1	C35-Sargılı	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
	TopBar2M	0,11	0,001256	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	BotBar2M	-0,11	0,001256	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	ConcP	0	0,3	Plate	2	C35-Sargılı	0	Directional	Linear	Linear	Linear
9-3 Başlık	ConcM	0	0,3	Membran	1	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
	TopBar2M	0,11	0,001427	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	BotBar2M	-0,11	0,001427	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	ConcP	0	0,3	Plate	2	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Linear	Linear
10 Başlık	ConcM	0	0,3	Membran	1	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
	TopBar2M	0,11	0,002232	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	BotBar2M	-0,11	0,002232	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	ConcP	0	0,3	Plate	2	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Linear	Linear
Gövde	ConcM	0	0,3	Membran	1	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
	TopBar2M	0,11	0,000393	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	BotBar2M	-0,11	0,000393	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	ConcP	0	0,3	Plate	2	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Linear	Linear

Tablo 9.40 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

12 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM											
Perde	b (m)	h (m)	H (m)	A_s (mm^2)	A_s' (mm^2)	A_s'' (mm^2)	N_{ort} (kN)	M_y (kNm)	Φ_y (rad/m)	M_u (kNm)	Φ_u (rad/m)
P103 (ZK-BK)	6,30	0,30	3,2	5184	5184	0	6299,65	1237,66	0,01229	1410,45	0,14900
P101 (ZK-BK)	6,30	0,30	3,2	5184	5184	0	6299,65	22305,12	0,00052	28728,83	0,00642

Tablo 9.41 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Dönme Sınırları

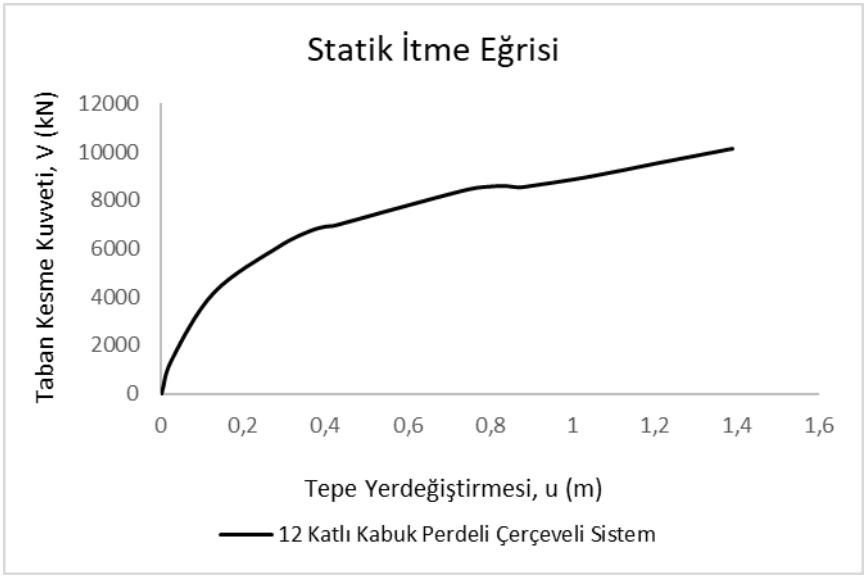
12 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Perde	ε_{su}	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(SH)}$
P103 (ZK-BK)	0,08	0,0220	0,032	0,0165	0,024	0	0,0075
P101 (ZK-BK)	0,08	0,00095	0,032	0,0007	0,024	0	0,0075

9.4.2 Statik İtme Eğrisinin Elde Edilmesi

Sistemin birinci titreşim modu U_x=0,63 kütle katılım oranı ile x doğrultusuna aittir. Bu genlik ve kat kütleleriyle orantılı olarak yatay yükler aralarında oran sabit kalacak şekilde analiz SAP2000 ile yapılarak statik itme eğrisi elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 9.42'de ve eğri Şekil 9.17'de verilmiştir.

Tablo 9.42 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Yer Değiştirme Değerleri

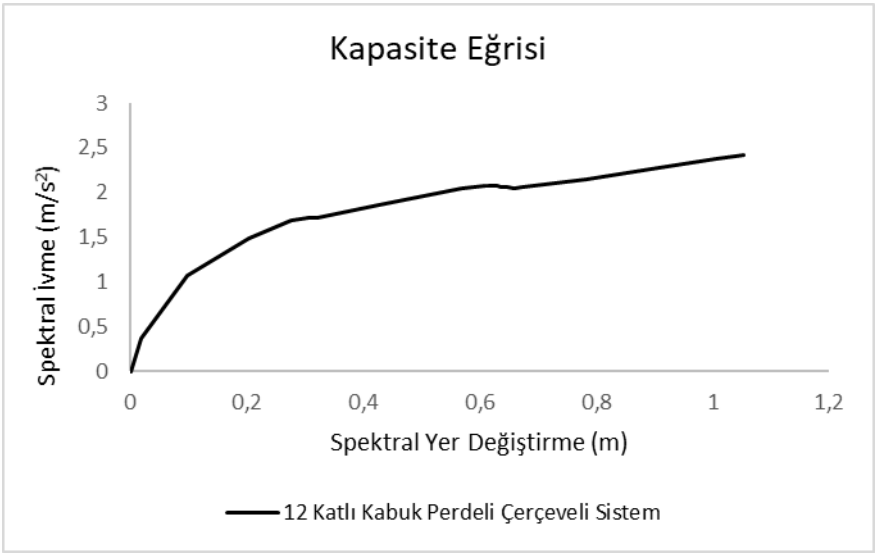
Taban Kesme Kuvveti (kN)	0	1428	4190	6091	6742	6923	6965	7687	8461	8586	8592	8604	8546	8566	8995	9533	10062	10146
Tepe Yer Değiştirmesi (m)	0	0,03	0,13	0,29	0,36	0,40	0,42	0,58	0,75	0,80	0,81	0,84	0,87	0,88	1,04	1,20	1,36	1,39



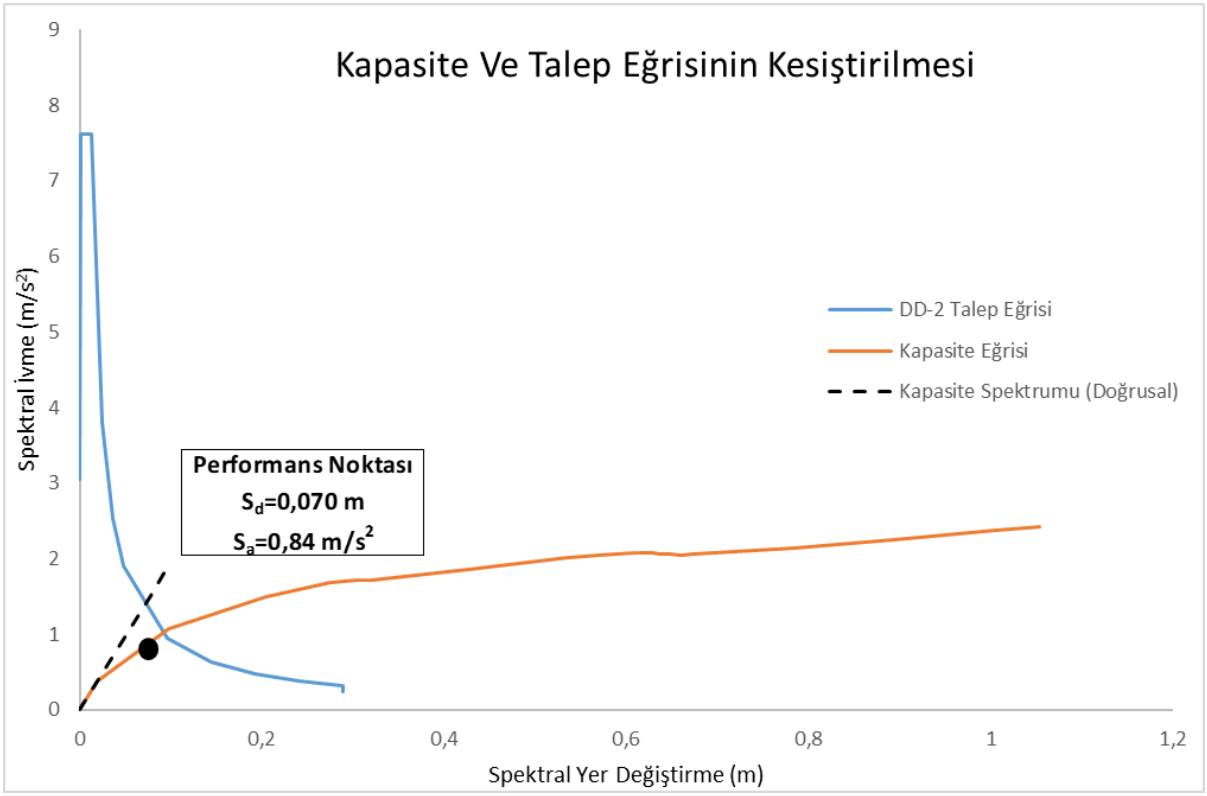
Şekil 9.17 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Statik İtme Eğrisi

9.4.3 Performans Noktasının ve Karşı Gelen Performans Bölgelerinin Belirlenmesi

12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem'in kapasite eğrisi $S_{a,kapasite}$ ve $S_{d,kapasite}$ olarak elde edilmiş düşey eksen g=9,81 m/s^2 ile çarpılmıştır. Kapasite eğrisi Şekil 9.18'de verilmiştir.



Şekil 9.18 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Kapasite Eğrisi



Şekil 9.19 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Performans Noktasının Bulunması

Şekil 9.19'da görüldüğü üzere 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem'in spektral yer değiştirme değeri S_d=0,070 m, spektral ivme değeri S_a=0,84 m/s^2 olarak bulunur. Performans noktasına karşılık gelen taban kesme kuvveti değeri V=3276,19 kN ve tepe yer değiştirmesi u=0,104 m olarak elde edilir.

Performans noktasının tepe yer değiştirmesi u=0,104 m'ye kadar statik itme gerçekleştirilmiş ve ortaya çıkan plastik mafsal dönme değerleri belirlenmiş, Tablo 9.43 ve Tablo 9.44'de gösterilmiştir. Bu değerlere göre kesitlerdeki performans bölgeleri ve hasar bölgeleri tespit edilmiştir.

Tablo 9.43 ve Tablo 9.44'de görüleceği üzere oluşan bütün plastik mafsallar kontrollü hasar bölgesini aşmamıştır ve böylece tasarımda öngörülen performans hedefi sağlanmıştır. Hasar bölgeleri bütün mafsallarda $\theta_p^{(SH)}<\theta_p<\theta_p^{(KH)}$ sağladığı için belirgin hasar bölgesi olarak belirlenmiştir.

Tablo 9.43 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri

12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri								
Kat	**Kiriş No**	**Kiriş Adı**	**Mafsal Türü**	**M_3 (kNm)**	**R_3 (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**Hasar Bölgesi**
7	48	K104	48H1	-93,76	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			48H2	91,20	0			
			48H1	-162,50	-0,002346			
			48H2	-93,76	0			
7	51	K104	51H1	-93,76	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			51H2	91,28	0			
			51H1	-162,48	-0,002346			
			51H2	-93,76	0			
8	68	K104	68H1	-93,85	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			68H2	88,96	0			
			68H1	-162,01	-0,002313			
			68H2	-93,85	0			
8	71	K104	71H1	-93,85	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			71H2	89,04	0			
			71H1	-161,98	-0,002312			
			71H2	-93,85	0			
ZK	76	K104	76H1	-91,56	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			76H2	31,06	0			
			76H1	-163,56	-0,000995			
			76H2	-91,56	0			
ZK	79	K104	79H1	-91,56	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			79H2	31,10	0			
			79H1	-163,56	-0,000995			
			79H2	-91,56	0			
1	112	K104	112H1	-91,86	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			112H2	73,15	0			
			112H1	-163,56	-0,001845			
			112H2	-91,86	0			
1	115	K104	115H1	-91,86	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			115H2	73,20	0			
			115H1	-163,56	-0,001844			
			115H2	-91,86	0			
9	125	K104	125H1	-91,66	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			125H2	97,01	0			
			125H1	-163,55	-0,002352			
			125H2	-91,66	0			
9	137	K104	137H1	-91,66	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			137H2	97,08	0			
			137H1	-163,52	-0,002352			
			137H2	-91,66	0			
2	148	K104	148H1	-92,07	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			148H2	97,67	0			
			148H1	-163,55	-0,002347			
			148H2	-92,07	0			
2	151	K104	151H1	-92,07	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			151H2	97,73	0			
			151H1	-163,53	-0,002346			
			151H2	-92,07	0			

10	180	K104	180H1	-92,61	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			180H2	48,62	0			
			180H1	-163,56	-0,001462			
			180H2	-92,61	0			
3	184	K104	184H1	-92,53	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			184H2	104,45	0			
			184H1	-162,64	-0,002526			
			184H2	-92,53	0			
3	187	K104	187H1	-92,53	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			187H2	104,52	0			
			187H1	-162,62	-0,002526			
			187H2	-92,53	0			
10	194	K104	194H1	-92,61	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			194H2	48,72	0			
			194H1	-163,54	-0,001461			
			194H2	-92,61	0			
4	220	K104	220H1	-93,05	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			220H2	102,83	0			
			220H1	-162,32	-0,002532			
			220H2	-93,05	0			
4	223	K104	223H1	-93,05	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			223H2	102,90	0			
			223H1	-162,30	-0,002532			
			223H2	-93,05	0			
5	256	K104	256H1	-92,49	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			256H2	107,60	0			
			256H1	-163,56	-0,002577			
			256H2	-92,49	0			
5	259	K104	259H1	-92,49	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			259H2	107,67	0			
			259H1	-163,54	-0,002577			
			259H2	-92,49	0			
6	292	K104	292H1	-93,12	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			292H2	100,31	0			
			292H1	-162,18	-0,002496			
			292H2	-93,12	0			
6	295	K104	295H1	-93,12	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			295H2	100,39	0			
			295H1	-162,16	-0,002496			
			295H2	-93,12	0			

Tablo 9.44 12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri

12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri												
Kat	**Perde Adı**	**Durum**	**F_3 (kN)**	**M_1 (kNm)**	**M_2 (kNm)**	**Nokta**	**$U_{3,sol}$ (m)**	**$U_{3,sağ}$ (m)**	**θ (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**Hasar Bölgesi**
ZK	P101 ZK-BK	Max	6510,56	-198,46	22157,09	14	-0,001	-	-0,000117	0,0007	0,001	Belirgin Hasar Bölgesi
		Min	6305,26	-201,13	0,00	15	-	0,0005				
ZK	P101 ZK-BK	Max	6520,92	203,84	22174,27	2	-0,001	-	-0,000117	0,0007	0,001	Belirgin Hasar Bölgesi
		Min	6306,19	199,15	0,00	3	-	0,0005				

9.5 16 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM

9.5.1 Plastik Mafsal Sınır Değerlerinin Belirlenmesi

9.5.1.1 Kiriş Kesiti Sınır Değerleri

Tablo 9.45 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

16 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM										
Moment Yönü	**Kiriş**	**b (m)**	**h (m)**	**L (m)**	**A_s (mm^2)**	**A_s' (mm^2)**	**M_y (kNm)**	**Φ_y (rad/m)**	**M_u (kNm)**	**Φ_u (rad/m)**
Pozitif Moment	K101	0,30	0,70	8	603	1571	135,66	0,0038	186,84	0,0519
Negatif Moment		0,30	0,70	8	1571	603	335,84	0,0043	475,13	0,0543
Pozitif Moment	K103	0,30	0,70	8	942	1963	208,51	0,0039	288,59	0,0524
Negatif Moment		0,30	0,70	8	1963	942	418,15	0,0044	590,98	0,0543
Pozitif Moment	K104	0,30	0,70	6	603	603	134,21	0,00382	186,94	0,05192
Negatif Moment		0,30	0,70	6	603	603	134,21	0,00382	186,94	0,05192

Tablo 9.46 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

16 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Kiriş	**ε_{su}**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(GÖ)}$**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(KH)}$**	**$\theta_p^{(SH)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(SH)}$**
K101	0,08	0,014	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
	0,08	0,014	0,032	0,011	0,024	0	0,0075
K103	0,08	0,014	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
	0,08	0,014	0,032	0,011	0,024	0	0,0075
K104	0,08	0,013	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
	0,08	0,013	0,032	0,010	0,024	0	0,0075

9.5.1.2 Kolon Kesiti Sınır Değerleri

Tablo 9.47 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde $N_{G+0,3Q+E}$ Değerleri

16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem			
Kolon No	**Kat**	**$N_{G+0,3Q+E}$ (kN)**	**N_{ort} (kN)**
S101	14.Normal Kat	190,31	190,31
	13.Normal Kat	423,85	657,81
	12.Normal Kat	656,85	
	11.Normal Kat	892,74	
	10.Normal Kat	1138,14	1514,70
	9.Normal Kat	1387,92	
	8.Normal Kat	1639,74	
	7.Normal Kat	1893,01	
	6.Normal Kat	2153,42	2542,07
	5.Normal Kat	2414,38	
	4.Normal Kat	2672,95	
	3.Normal Kat	2927,52	
	2.Normal Kat	3181,91	3209,00
	1.Normal Kat	3428,38	
	Zemin Kat	3661,56	
	Bodrum Kat	2564,16	
S103	14.Normal Kat	436,03	1154,11
	13.Normal Kat	911,70	
	12.Normal Kat	1392,66	
	11.Normal Kat	1876,03	
	10.Normal Kat	2370,91	3126,09
	9.Normal Kat	2871,78	
	8.Normal Kat	3376,55	
	7.Normal Kat	3885,12	
	6.Normal Kat	4404,60	5191,26
	5.Normal Kat	4928,29	
	4.Normal Kat	5453,33	
	3.Normal Kat	5978,82	
	2.Normal Kat	6509,79	7036,25
	1.Normal Kat	7038,22	
	Zemin Kat	7560,74	
	Bodrum Kat	8070,11	8070,11
P101	Zemin Kat	11281,28	10704,01
	Bodrum Kat	10126,73	

Tablo 9.48 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

16 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM											
Kolon	b (m)	h (m)	H (m)	A_s (mm^2)	A_s' (mm^2)	A_s'' (mm^2)	N_{ort} (kN)	M_y (kNm)	Φ_y (rad/m)	M_u (kNm)	Φ_u (rad/m)
S101 (14)	0,50	0,50	3,2	1473	1473	982	190,31	287,85	0,00634	441,67	0,08013
S101 (13-11)	0,50	0,50	3,2	942	942	628	657,81	309,96	0,00675	397,22	0,08141
S101 (10-7)	0,55	0,55	3,2	1473	1473	982	1514,70	586,79	0,00674	682,60	0,08974
S101 (6-3)	0,60	0,60	3,2	1473	1473	982	2542,07	862,32	0,00658	863,51	0,06667
S101 (2-BK)	0,65	0,65	3,2	1593	1593	1062	3209,00	1099,56	0,00612	1070,44	0,05904
S103 (14-11)	0,55	0,55	3,2	1473	1473	982	1154,11	524,57	0,00645	677,19	0,08
S103 (10-7)	0,60	0,60	3,2	1473	1473	982	3126,09	956,49	0,00696	865,70	0,05673
S103 (6-3)	0,65	0,65	3,2	1593	1593	1062	5191,26	1432,76	0,00722	1087,28	0,04071
S103 (2-ZK)	0,70	0,70	3,2	1847	1847	1232	7036,25	1945,66	0,00723	1279,35	0,03449
S103 (BK)	0,70	0,70	3,2	1964	1964	1964	8070,11	2187,16	0,00756	1306,17	0,03115

Tablo 9.49 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

16 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Kolon	ε_{su}	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(SH)}$
S101 (14)	0,08	0,017	0,032	0,013	0,024	0	0,0075
S101 (13-11)	0,08	0,016	0,032	0,012	0,024	0	0,0075
S101 (10-7)	0,08	0,021	0,032	0,015	0,024	0	0,0075
S101 (6-3)	0,06	0,016	0,023	0,012	0,017	0	0,0075
S101 (2-BK)	0,05	0,015	0,021	0,011	0,016	0	0,0075
S103 (14-11)	0,08	0,018	0,032	0,014	0,024	0	0,0075
S103 (10-7)	0,04	0,013	0,017	0,010	0,013	0	0,0075
S103 (6-3)	0,03	0,010	0,011	0,007	0,009	0	0,0075
S103 (2-ZK)	0,02	0,009	0,009	0,006	0,007	0	0,0075
S103 (BK)	0,02	0,008	0,006	0,006	0,005	0	0,0075

9.5.1.3 Perde Kesiti Sınır Değerleri

Tablo 9.50 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

16 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM											
Perde	b (m)	h (m)	H (m)	A_s (mm^2)	A_s' (mm^2)	A_s'' (mm^2)	N_{ort} (kN)	M_y (kNm)	Φ_y (rad/m)	M_u (kNm)	Φ_u (rad/m)
P103 (ZK-BK)	6,30	0,30	3,2	5184	5184	0	10704,01	1647,32	0,01367	1720,72	0,166
P101 (ZK-BK)	6,30	0,30	3,2	5184	5184	0	10704,01	30631,14	0,00057	33720,05	0,00737

Tablo 9.51 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

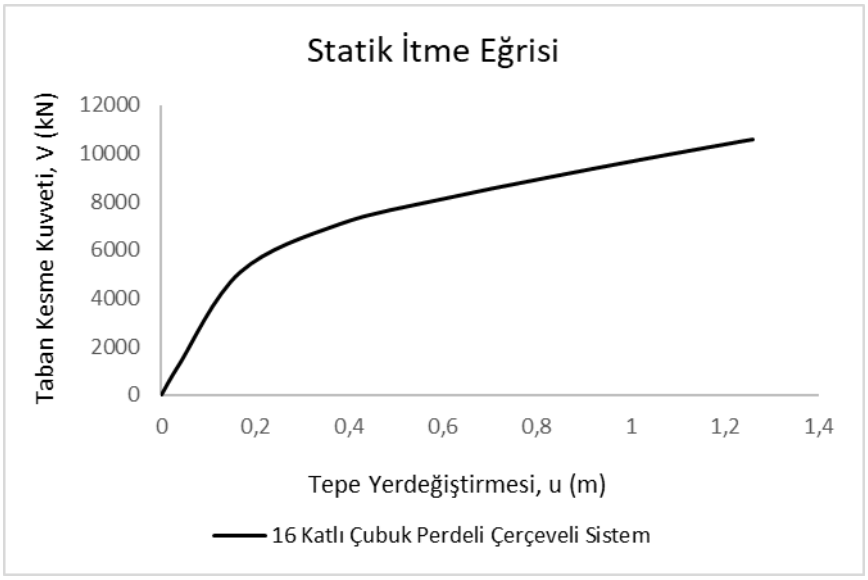
16 KATLI ÇUBUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Perde	ε_{su}	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(SH)}$
P103 (ZK-BK)	0,08	0,0245	0,031	0,0184	0,023	0	0,0075
P101 (ZK-BK)	0,08	0,0011	0,032	0,0008	0,024	0	0,0075

9.5.2 Statik İtme Eğrisinin Elde Edilmesi

Sistemin birinci titreşim modu U_x=0,57 kütle katılım oranı ile x doğrultusuna aittir. Bu genlik ve kat kütleleriyle orantılı olarak yatay yükler aralarında oran sabit kalacak şekilde analiz SAP2000 ile yapılarak statik itme eğrisi elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 9.52'de ve eğri Şekil 9.20'de verilmiştir.

Tablo 9.52 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Yer Değiştirme Değerleri

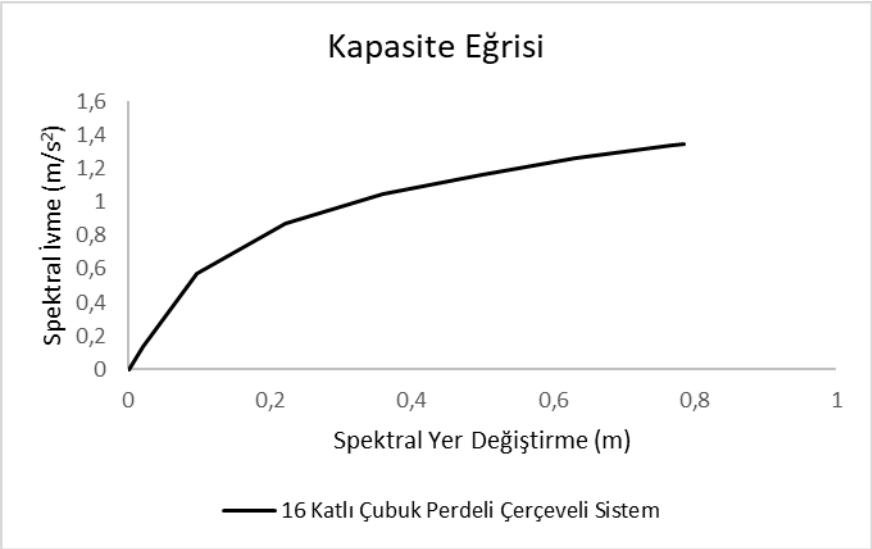
Taban Kesme Kuvveti (kN)	0	1229	5087	7066	8103	8970	9742	10494	10587
Tepe Yer Değiştirmesi (m)	0	0,037	0,168	0,378	0,595	0,812	1,018	1,231	1,259



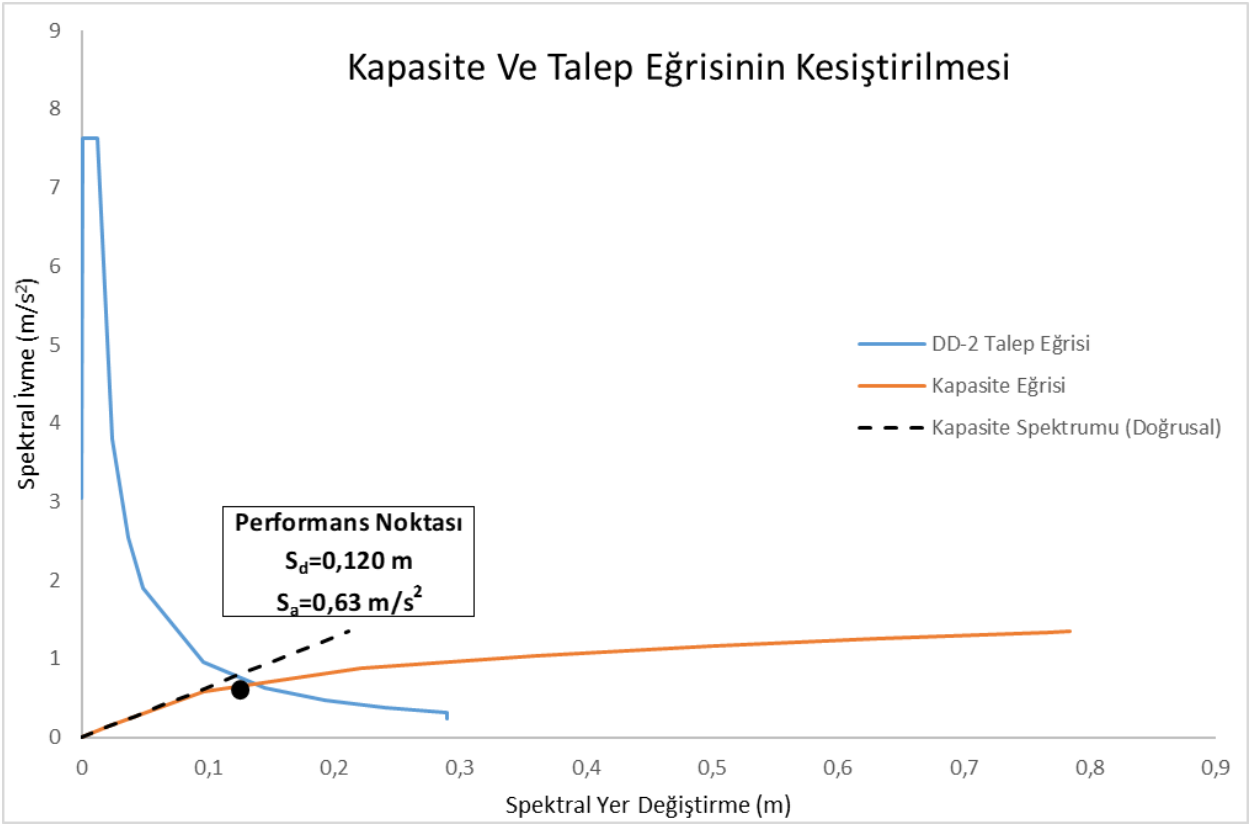
Şekil 9.20 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Statik İtme Eğrisi

9.5.3 Performans Noktasının ve Karşı Gelen Performans Bölgelerinin Belirlenmesi

16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem'in kapasite eğrisi $S_{a,kapasite}$ ve $S_{d,kapasite}$ olarak elde edilmiş düşey eksen g=9,81 m/s^2 ile çarpılmıştır. Kapasite Eğrisi Şekil 9.21'de verilmiştir.



Şekil 9.21 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Kapasite Eğrisi



Şekil 9.22 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Performans Noktasının Bulunması

Şekil 9.22'de görüldüğü üzere 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem'in spektral yer değiştirme değeri S_d=0,120 m, spektral ivme değeri S_a=0,63 m/s^2 olarak bulunur. Performans noktasına karşılık gelen taban kesme kuvveti değeri V=5452,50 kN ve tepe yer değiştirmesi u=0,206 m olarak elde edilir.

Performans noktasının tepe yer değiştirmesi u=0,206 m'ye kadar statik itme

gerçekleştirilmiş ve ortaya çıkan plastik mafsal dönme değerleri belirlenmiş, Tablo 9.53 ve Tablo 9.54 gösterilmiştir. Bu değerlere göre kesitlerdeki performans bölgeleri ve hasar bölgeleri tespit edilmiştir.

Tablo 9.53 ve Tablo 9.54'te görüleceği üzere oluşan bütün plastik mafsallar kontrollü hasar bölgesini aşmamıştır ve böylece tasarımda öngörülen performans hedefi sağlanmıştır. Hasar bölgeleri bütün mafsallarda $\theta_p^{(SH)}<\theta_p<\theta_p^{(KH)}$ sağladığı için belirgin hasar bölgesi olarak belirlenmiştir.

Tablo 9.53 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri

16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri								
Kat	**Kiriş No**	**Kiriş Adı**	**Mafsal Türü**	**M_3 (kNm)**	**R_3 (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**Hasar Bölgesi**
7	11	K101	11H1	-102,52	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			11H2	163,18	0,002531			
			11H1	-408,27	-0,001730			
			11H2	-135,01	0			
7	12	K101	12H1	-135,01	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			12H2	161,21	0,002734			
			12H1	-409,66	-0,002640			
			12H2	-102,52	0			
7	14	K103	14H1	-225,28	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			14H2	191,68	0			
			14H1	-504,38	-0,001660			
			14H2	-147,03	0			
7	17	K104	17H1	-92,67	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			17H2	163,56	0,000473			
			17H1	-162,35	-0,004181			
			17H2	-92,67	0			
7	26	K103	26H1	-225,28	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			26H2	128,40	0			
			26H1	-501,67	-0,000106			
			26H2	-147,03	0			
7	27	K104	27H1	-92,67	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			27H2	163,56	0,000344			
			27H1	-163,45	-0,004350			
			27H2	-92,67	0			
7	28	K103	28H1	-147,03	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			28H2	144,39	0			
			28H1	-503,73	-0,000034			
			28H2	-225,28	0			
7	29	K101	29H1	-102,52	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			29H2	163,56	0,002199			
			29H1	-409,21	-0,001696			
			29H2	-135,01	0			
7	30	K101	30H1	-135,01	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			30H2	162,08	0,002540			
			30H1	-411,09	-0,002746			
			30H2	-102,52	0			
7	40	K104	40H1	-92,67	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			40H2	-7,61	0			
			40H1	-162,91	-0,001262			
			40H2	-92,67	0			
7	43	K104	43H1	-92,67	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			43H2	28,78	0			
			43H1	-163,56	-0,000754			
			43H2	-92,67	0			
8	57	K101	57H1	-101,76	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			57H2	162,61	0,002429			
			57H1	-408,19	-0,001628			
			57H2	-136,08	0			

8	58	K101	58H1	-136,08	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			58H2	160,89	0,002644			
			58H1	-410,09	-0,002537			
			58H2	-101,76	0			
8	59	K103	59H1	-229,55	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			59H2	190,78	0			
			59H1	-503,44	-0,001646			
			59H2	-142,74	0			
8	60	K104	60H1	-92,38	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			60H2	163,56	0,000412			
			60H1	-162,45	-0,004105			
			60H2	-92,38	0			
8	62	K103	62H1	-229,55	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			62H2	129,16	0			
			62H1	-501,95	-0,000103			
			62H2	-142,74	0			
8	63	K104	63H1	-92,38	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			63H2	163,49	0,000297			
			63H1	-163,56	-0,004272			
			63H2	-92,38	0			
8	65	K101	65H1	-101,76	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			65H2	162,04	0,002102			
			65H1	-408,18	-0,001594			
			65H2	-136,08	0			
8	66	K101	66H1	-136,08	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			66H2	161,06	0,002452			
			66H1	-407,03	-0,002746			
			66H2	-101,76	0			
8	72	K104	72H1	-92,38	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			72H2	-8,13	0			
			72H1	-163,56	-0,001204			
			72H2	-92,38	0			
ZK	76	K104	76H1	-92,57	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			76H2	64,07	0			
			76H1	-163,56	-0,001675			
			76H2	-92,57	0			
ZK	79	K104	79H1	-92,57	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			79H2	59,50	0			
			79H1	-161,98	-0,001701			
			79H2	-92,57	0			
8	86	K104	86H1	-92,38	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			86H2	26,50	0			
			86H1	-163,19	-0,000719			
			86H2	-92,38	0			
ZK	92	K104	92H1	-92,57	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			92H2	-37,31	0			
			92H1	-162,29	-0,000074			
			92H2	-92,57	0			
1	109	K101	109H1	-115,55	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			109H2	163,56	0,000041			
			109H1	-397,93	0			
			109H2	-124,75	0			

1	110	K101	110H1	-124,75	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			110H2	162,72	0,000348			
			110H1	-407,25	-0,000238			
			110H2	-115,55	0			
1	112	K104	112H1	-92,42	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			112H2	109,15	0			
			112H1	-162,77	-0,002572			
			112H2	-92,42	0			
1	115	K104	115H1	-92,42	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			115H2	104,10	0			
			115H1	-163,56	-0,002607			
			115H2	-92,42	0			
1	118	K101	118H1	-124,75	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			118H2	160,43	0,000130			
			118H1	-407,27	-0,000133			
			118H2	-115,55	0			
1	128	K104	128H1	-92,42	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			128H2	-24,29	0			
			128H1	-162,28	-0,000497			
			128H2	-92,42	0			
1	131	K104	131H1	-92,42	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			131H2	-6,62	0			
			131H1	-162,20	-0,000240			
			131H2	-92,42	0			
9	133	K101	133H1	-101,24	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			133H2	163,56	0,002216			
			133H1	-408,58	-0,001449			
			133H2	-136,92	0			
9	134	K101	134H1	-136,92	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			134H2	161,31	0,002426			
			134H1	-407,27	-0,002423			
			134H2	-101,24	0			
9	135	K103	135H1	-233,19	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			135H2	186,06	0			
			135H1	-502,95	-0,001522			
			135H2	-139,08	0			
9	136	K104	136H1	-92,13	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			136H2	163,56	0,000299			
			136H1	-163,56	-0,003959			
			136H2	-92,13	0			
9	138	K103	138H1	-233,19	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			138H2	126,70	0			
			138H1	-501,60	-0,000031			
			138H2	-139,08	0			
9	139	K104	139H1	-92,13	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			139H2	163,56	0,000185			
			139H1	-162,27	-0,004158			
			139H2	-92,13	0			
2	145	K101	145H1	-112,95	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			145H2	163,56	0,001009			
			145H1	-409,46	-0,000519			
			145H2	-126,45	0			

2	146	K101	146H1	-126,45	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			146H2	162,09	0,001232			
			146H1	-408,85	-0,001061			
			146H2	-112,95	0			
2	148	K104	148H1	-92,59	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			148H2	143,43	0			
			148H1	-163,56	-0,003249			
			148H2	-92,59	0			
2	151	K104	151H1	-92,59	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			151H2	136,27	0			
			151H1	-162,74	-0,003340			
			151H2	-92,59	0			
2	153	K101	153H1	-112,95	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			153H2	163,56	0,000751			
			153H1	-407,97	-0,000556			
			153H2	-126,45	0			
2	154	K101	154H1	-126,45	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			154H2	162,45	0,000983			
			154H1	-411,09	-0,000990			
			154H2	-112,95	0			
9	155	K101	155H1	-101,24	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			155H2	160,81	0,001921			
			155H1	-407,28	-0,001415			
			155H2	-136,92	0			
9	156	K101	156H1	-136,92	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			156H2	160,40	0,002323			
			156H1	-410,09	-0,002512			
			156H2	-101,24	0			
2	164	K104	164H1	-92,59	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			164H2	-16,05	0			
			164H1	-163,56	-0,000795			
			164H2	-92,59	0			
2	167	K104	167H1	-92,59	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			167H2	6,72	0			
			167H1	-162,00	-0,000493			
			167H2	-92,59	0			
9	172	K104	172H1	-92,13	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			172H2	-9,95	0			
			172H1	-163,03	-0,001134			
			172H2	-92,13	0			
9	175	K104	175H1	-92,13	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			175H2	22,68	0			
			175H1	-163,56	-0,000653			
			175H2	-92,13	0			
3	181	K101	181H1	-110,26	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			181H2	163,56	0,001658			
			181H1	-409,03	-0,001097			
			181H2	-128,55	0			
3	182	K101	182H1	-128,55	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			182H2	160,65	0,001911			
			182H1	-408,51	-0,001719			
			182H2	-110,26	0			

3	183	K103	183H1	-204,97	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			183H2	146,80	0			
			183H1	-503,98	-0,000439			
			183H2	-168,38	0			
3	184	K104	184H1	-92,79	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			184H2	163,56	0,000084			
			184H1	-162,63	-0,003770			
			184H2	-92,79	0			
3	187	K104	187H1	-92,79	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			187H2	161,24	0			
			187H1	-163,56	-0,003890			
			187H2	-92,79	0			
3	189	K101	189H1	-110,26	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			189H2	160,26	0,001464			
			189H1	-410,09	-0,001058			
			189H2	-128,55	0			
3	190	K101	190H1	-128,55	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			190H2	161,62	0,001663			
			190H1	-411,09	-0,001693			
			190H2	-110,26	0			
3	200	K104	200H1	-92,79	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			200H2	-10,87	0			
			200H1	-163,56	-0,001036			
			200H2	-92,79	0			
3	203	K104	203H1	-92,79	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			203H2	17,08	0			
			203H1	-161,94	-0,000674			
			203H2	-92,79	0			
4	217	K101	217H1	-109,35	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			217H2	162,63	0,002148			
			217H1	-409,67	-0,001523			
			217H2	-129,72	0			
4	218	K101	218H1	-129,72	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			218H2	159,49	0,002402			
			218H1	-408,67	-0,002178			
			218H2	-109,35	0			
4	219	K103	219H1	-210,45	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			219H2	168,93	0			
			219H1	-501,15	-0,001061			
			219H2	-162,80	0			
4	220	K104	220H1	-92,50	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			220H2	163,56	0,000400			
			220H1	-163,56	-0,004056			
			220H2	-92,50	0			
4	223	K104	223H1	-92,50	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			223H2	163,56	0,000264			
			223H1	-162,66	-0,004228			
			223H2	-92,50	0			
4	224	K103	224H1	-162,80	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			224H2	136,44	0			
			224H1	-503,47	-0,000035			
			224H2	-210,45	0			

4	225	K101	225H1	-109,35	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			225H2	163,56	0,001827			
			225H1	-408,47	-0,001567			
			225H2	-129,72	0			
4	226	K101	226H1	-129,72	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			226H2	161,07	0,002149			
			226H1	-411,09	-0,002199			
			226H2	-109,35	0			
10	227	K101	227H1	-98,05	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			227H2	162,05	0,001972			
			227H1	-407,01	-0,001083			
			227H2	-138,91	0			
10	228	K101	228H1	-138,91	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			228H2	163,14	0,002125			
			228H1	-410,73	-0,002136			
			228H2	-98,05	0			
10	230	K103	230H1	-236,42	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			230H2	175,55	0			
			230H1	-506,06	-0,001240			
			230H2	-135,49	0			
10	233	K104	233H1	-92,39	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			233H2	162,91	0,000022			
			233H1	-162,39	-0,003714			
			233H2	-92,39	0			
4	236	K104	236H1	-92,50	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			236H2	-5,46	0			
			236H1	-163,31	-0,001200			
			236H2	-92,50	0			
4	239	K104	239H1	-92,50	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			239H2	26,56	0			
			239H1	-163,56	-0,000772			
			239H2	-92,50	0			
10	243	K104	243H1	-92,39	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			243H2	158,24	0			
			243H1	-163,56	-0,003854			
			243H2	-92,39	0			
10	245	K101	245H1	-98,05	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			245H2	163,56	0,001630			
			245H1	-410,75	-0,000955			
			245H2	-138,91	0			
10	246	K101	246H1	-138,91	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			246H2	160,03	0,002051			
			246H1	-407,95	-0,002328			
			246H2	-98,05	0			
5	253	K101	253H1	-108,65	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			253H2	160,60	0,002471			
			253H1	-408,24	-0,001829			
			253H2	-130,70	0			
5	254	K101	254H1	-130,70	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			254H2	163,56	0,002619			
			254H1	-409,85	-0,002487			
			254H2	-108,65	0			

5	255	K103	255H1	-215,38	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			255H2	185,51	0			
			255H1	-502,53	-0,001423			
			255H2	-157,76	0			
5	256	K104	256H1	-92,25	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			256H2	163,49	0,000598			
			256H1	-162,65	-0,004264			
			256H2	-92,25	0			
5	259	K104	259H1	-92,25	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			259H2	163,43	0,000483			
			259H1	-163,56	-0,004418			
			259H2	-92,25	0			
5	260	K103	260H1	-157,76	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			260H2	145,30	0			
			260H1	-502,89	-0,000269			
			260H2	-215,38	0			
5	261	K101	261H1	-108,65	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			261H2	161,09	0,002167			
			261H1	-410,20	-0,001795			
			261H2	-130,70	0			
5	262	K101	262H1	-130,70	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			262H2	160,83	0,002463			
			262H1	-411,09	-0,002528			
			262H2	-108,65	0			
5	272	K104	272H1	-92,25	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			272H2	-1,85	0			
			272H1	-163,25	-0,001299			
			272H2	-92,25	0			
5	275	K104	275H1	-92,25	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			275H2	31,84	0			
			275H1	-163,56	-0,000853			
			275H2	-92,25	0			
6	289	K101	289H1	-106,08	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			289H2	163,56	0,002541			
			289H1	-408,40	-0,001873			
			289H2	-132,49	0			
6	290	K101	290H1	-132,49	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			290H2	163,11	0,002708			
			290H1	-407,15	-0,002688			
			290H2	-106,08	0			
6	291	K103	291H1	-220,09	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			291H2	192,17	0			
			291H1	-506,06	-0,001560			
			291H2	-152,68	0			
6	292	K104	292H1	-92,45	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			292H2	163,56	0,000595			
			292H1	-163,56	-0,004258			
			292H2	-92,45	0			
6	294	K103	294H1	-220,09	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			294H2	127,39	0			
			294H1	-501,22	-0,000033			
			294H2	-152,68	0			

6	295	K104	295H1	-92,45	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			295H2	162,71	0,000482			
			295H1	-162,70	-0,004448			
			295H2	-92,45	0			
6	296	K103	296H1	-152,68	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			296H2	147,24	0			
			296H1	-501,21	-0,000270			
			296H2	-220,09	0			
6	297	K101	297H1	-106,08	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			297H2	163,56	0,002230			
			297H1	-409,76	-0,001841			
			297H2	-132,49	0			
6	298	K101	298H1	-132,49	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			298H2	159,45	0,002610			
			298H1	-410,84	-0,002692			
			298H2	-106,08	0			
6	308	K104	308H1	-92,45	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			308H2	-3,70	0			
			308H1	-162,69	-0,001314			
			308H2	-92,45	0			
6	311	K104	311H1	-92,45	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			311H2	31,31	0			
			311H1	-162,33	-0,000850			
			311H2	-92,45	0			
10	336	K104	336H1	-92,39	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			336H2	-16,42	0			
			336H1	-162,24	-0,001008			
			336H2	-92,39	0			
10	339	K104	339H1	-92,39	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			339H2	14,86	0			
			339H1	-163,08	-0,000528			
			339H2	-92,39	0			
11	353	K101	353H1	-94,08	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			353H2	162,32	0,001671			
			353H1	-407,34	-0,000589			
			353H2	-141,37	0			
11	354	K101	354H1	-141,37	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			354H2	160,08	0,001844			
			354H1	-410,04	-0,001869			
			354H2	-94,08	0			
11	355	K103	355H1	-240,12	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			355H2	160,82	0			
			355H1	-504,99	-0,001006			
			355H2	-131,72	0			
11	356	K104	356H1	-92,60	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			356H2	142,66	0			
			356H1	-162,15	-0,003303			
			356H2	-92,60	0			
11	359	K104	359H1	-92,60	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			359H2	137,17	0			
			359H1	-163,56	-0,003432			
			359H2	-92,60	0			

11	361	K101	361H1	-94,08	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			361H2	163,30	0,001321			
			361H1	-408,32	-0,000506			
			361H2	-141,37	0			
11	362	K101	362H1	-141,37	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			362H2	161,81	0,001698			
			362H1	-409,77	-0,002051			
			362H2	-94,08	0			
11	368	K104	368H1	-92,60	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			368H2	-23,11	0			
			368H1	-162,10	-0,000836			
			368H2	-92,60	0			
11	371	K104	371H1	-92,60	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			371H2	7,11	0			
			371H1	-162,83	-0,000357			
			371H2	-92,60	0			
12	385	K101	385H1	-93,18	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			385H2	161,53	0,001415			
			385H1	-407,03	-0,000312			
			385H2	-142,25	0			
12	386	K101	386H1	-142,25	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			386H2	159,47	0,001586			
			386H1	-409,89	-0,001620			
			386H2	-93,18	0			
12	387	K103	387H1	-240,55	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			387H2	150,83	0			
			387H1	-502,16	-0,000760			
			387H2	-130,00	0			
12	388	K104	388H1	-92,74	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			388H2	131,40	0			
			388H1	-162,17	-0,003070			
			388H2	-92,74	0			
12	391	K104	391H1	-92,74	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			391H2	127,12	0			
			391H1	-163,56	-0,003208			
			391H2	-92,74	0			
12	393	K101	393H1	-93,18	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			393H2	163,56	0,001054			
			393H1	-408,96	-0,000220			
			393H2	-142,25	0			
12	394	K101	394H1	-142,25	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			394H2	160,08	0,001497			
			394H1	-411,09	-0,001765			
			394H2	-93,18	0			
12	400	K104	400H1	-92,74	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			400H2	-25,50	0			
			400H1	-162,79	-0,000726			
			400H2	-92,74	0			
12	403	K104	403H1	-92,74	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			403H2	2,24	0			
			403H1	-161,94	-0,000291			
			403H2	-92,74	0			

13	417	K101	417H1	-96,69	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			417H2	159,94	0,001264			
			417H1	-407,71	-0,000301			
			417H2	-140,71	0			
13	418	K101	418H1	-140,71	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			418H2	162,20	0,001417			
			418H1	-411,09	-0,001420			
			418H2	-96,69	0			
13	419	K103	419H1	-250,86	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			419H2	151,54	0			
			419H1	-505,76	-0,000848			
			419H2	-125,90	0			
13	420	K104	420H1	-91,13	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			420H2	131,35	0			
			420H1	-163,56	-0,003001			
			420H2	-91,13	0			
13	423	K104	423H1	-91,13	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			423H2	125,90	0			
			423H1	-162,67	-0,003124			
			423H2	-91,13	0			
13	425	K101	425H1	-96,69	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			425H2	159,53	0,000932			
			425H1	-407,58	-0,000149			
			425H2	-140,71	0			
13	426	K101	426H1	-140,71	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			426H2	161,49	0,001357			
			426H1	-411,09	-0,001584			
			426H2	-96,69	0			
13	432	K104	432H1	-91,13	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			432H2	-22,31	0			
			432H1	-162,03	-0,000674			
			432H2	-91,13	0			
13	435	K104	435H1	-91,13	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			435H2	1,48	0			
			435H1	-163,01	-0,000245			
			435H2	-91,13	0			
14	449	K101	449H1	-62,45	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			449H2	163,52	0,000605			
			449H1	-316,22	0			
			449H2	-134,82	0			
14	450	K101	450H1	-134,82	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			450H2	162,73	0,001116			
			450H1	-407,89	-0,000907			
			450H2	-62,45	0			
14	452	K104	452H1	-88,16	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			452H2	79,62	0			
			452H1	-163,56	-0,001770			
			452H2	-88,16	0			
14	455	K104	455H1	-88,16	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			455H2	61,06	0			
			455H1	-163,56	-0,001902			
			455H2	-88,16	0			

14	463	K101	463H1	-62,45	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			463H2	160,71	0,000026			
			463H1	-281,65	0			
			463H2	-134,82	0			
14	464	K101	464H1	-134,82	0	0,010	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			464H2	160,45	0,001136			
			464H1	-410,09	-0,000998			
			464H2	-62,45	0			
14	470	K104	470H1	-88,16	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			470H2	-40,25	0			
			470H1	-161,94	-0,000208			
			470H2	-88,16	0			

Tablo 9.54 16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri

16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri												
Kat	**Kolon/Perde No**	**Kolon/Perde Adı**	**Mafsal Türü**	**P (kN)**	**M_2 (kNm)**	**M_3 (kNm)**	**U_1 (m)**	**R_2 (rad)**	**R_3 (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**Hasar Bölgesi**
14	505	S101-14	505H1	-137,17	81,09	-81,09	0	0	0	0,013	0,017	Belirgin Hasar Bölgesi
			505H2	-117,17	4,16	376,56	0,000124	0,000008	0,000627			
			505H1	-180,05	3,63	-265,52	0	0	0			
			505H2	-159,96	-109,28	109,28	0	-0,000024	0			
14	507	S101-14	507H1	-137,17	-81,09	-81,09	0	0	0	0,013	0,017	Belirgin Hasar Bölgesi
			507H2	-117,17	183,91	333,07	0,000263	0,000573	0,001677			
			507H1	-228,49	-141,61	-252,80	0	0	0			
			507H2	-208,49	109,28	109,28	0	0	0			
14	509	S103-(14-11)	509H1	-364,07	27,66	-27,66	0	0	0	0,014	0,018	Belirgin Hasar Bölgesi
			509H2	-339,87	161,13	418,82	0,000063	0,000097	0,000357			
			509H1	-377,01	-126,65	-313,72	0	0	0			
			509H2	-352,81	-44,95	44,95	0	0	0			
ZK	105	P101 ZK-BK	105H1	-8663,60	229,90	0,00	0,001080	0,000613	0	0,0008	0,0011	Belirgin Hasar Bölgesi
			105H1	-9476,47	55,50	-32179,03	0	0	-0,000558			
ZK	106	P101 ZK-BK	106H1	-9476,47	-67,72	0,00	0,000105	0	0	0,0008	0,0011	Belirgin Hasar Bölgesi
			106H1	-10184,84	-188,94	-34155,67	0	-0,000749	0,000730			

9.6 16 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM

9.6.1 Plastik Mafsal Sınır Değerlerinin Belirlenmesi

9.6.1.1 Kiriş Kesiti Sınır Değerleri

Tablo 9.55 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

16 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM										
Moment Yönü	**Kiriş**	**b (m)**	**h (m)**	**L (m)**	**A_s (mm^2)**	**A_s' (mm^2)**	**M_y (kNm)**	**Φ_y (rad/m)**	**M_u (kNm)**	**Φ_u (rad/m)**
Pozitif Moment	K101	0,30	0,70	8	603	1473	135,52	0,0038	186,85	0,0519
Negatif Moment		0,30	0,70	8	1473	603	315,91	0,0042	446,38	0,0539
Pozitif Moment	K103	0,30	0,70	8	1257	1571	273,49	0,0041	382,43	0,0529
Negatif Moment		0,30	0,70	8	1571	1257	338,10	0,0042	475,73	0,0534
Pozitif Moment	K104	0,30	0,70	6	603	603	134,21	0,00382	186,94	0,05192
Negatif Moment		0,30	0,70	6	603	603	134,21	0,00382	186,94	0,05192

Tablo 9.56 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kiriş Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

16 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Kiriş	**ε_{su}**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(GÖ)}$**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(KH)}$**	**$\theta_p^{(SH)}$ (rad)**	**$\varepsilon_s^{(SH)}$**
K101	0,08	0,014	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
	0,08	0,014	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
K103	0,08	0,014	0,032	0,011	0,024	0	0,0075
	0,08	0,014	0,032	0,011	0,024	0	0,0075
K104	0,08	0,013	0,032	0,010	0,024	0	0,0075
	0,08	0,013	0,032	0,010	0,024	0	0,0075

9.6.1.2 Kolon Kesiti Sınır Değerleri

Tablo 9.57 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde $N_{G+0,3Q+E}$ Değerleri

16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem			
Kolon No	**Kat**	**$N_{G+0,3Q+E}$ (kN)**	**N_{ort} (kN)**
S101	14.Normal Kat	218,85	218,85
	13.Normal Kat	483,55	746,63
	12.Normal Kat	745,70	
	11.Normal Kat	1010,63	
	10.Normal Kat	1284,05	1700,35
	9.Normal Kat	1561,18	
	8.Normal Kat	1839,04	
	7.Normal Kat	2117,11	
	6.Normal Kat	2401,06	2821,88
	5.Normal Kat	2684,35	
	4.Normal Kat	2963,93	
	3.Normal Kat	3238,19	
	2.Normal Kat	3511,32	3532,28
	1.Normal Kat	3775,25	
	Zemin Kat	4027,67	
	Bodrum Kat	2814,89	
S103	14.Normal Kat	498,62	1327,92
	13.Normal Kat	1050,64	
	12.Normal Kat	1603,34	
	11.Normal Kat	2159,09	
	10.Normal Kat	2726,07	3587,94
	9.Normal Kat	3298,79	
	8.Normal Kat	3874,39	
	7.Normal Kat	4452,51	
	6.Normal Kat	5040,11	5629,82
	5.Normal Kat	5630,19	
	4.Normal Kat	6219,15	
	3.Normal Kat	6805,68	6805,68
	2.Normal Kat	7394,32	8250,84
	1.Normal Kat	7976,82	
	Zemin Kat	8548,96	
	Bodrum Kat	9083,27	
P101	Zemin Kat	9889,28	8834,53
	Bodrum Kat	7779,77	

Tablo 9.58 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

16 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM											
Kolon	b (m)	h (m)	H (m)	A_s (mm^2)	A_s' (mm^2)	A_s'' (mm^2)	N_{ort} (kN)	M_y (kNm)	Φ_y (rad/m)	M_u (kNm)	Φ_u (rad/m)
S101 (14)	0,50	0,50	3,2	1847	1847	1232	218,85	378,07	0,00660	544,64	0,08077
S101 (13-11)	0,50	0,50	3,2	942	942	628	746,63	312,52	0,00682	412,74	0,08269
S101 (10-7)	0,55	0,55	3,2	1473	1473	982	1700,35	624,47	0,00691	709,42	0,07846
S101 (6-3)	0,60	0,60	3,2	1473	1473	982	2821,88	893,93	0,00674	890,23	0,05904
S101 (2-BK)	0,65	0,65	3,2	1593	1593	1062	3532,28	1154,17	0,00628	1086,83	0,05385
S103 (14-11)	0,55	0,55	3,2	1473	1473	982	1327,92	564,40	0,00661	688,46	0,08397
S103 (10-7)	0,60	0,60	3,2	1473	1473	982	3587,94	1026,35	0,00727	861,26	0,05269
S103 (6-4)	0,65	0,65	3,2	1593	1593	1062	5629,82	1488,65	0,00750	1076,70	0,03808
S103 (3)	0,65	0,65	3,2	2124	2124	2124	6805,68	1721,19	0,00824	1168,95	0,03154
S103 (2-BK)	0,70	0,70	3,2	2124	2124	2124	8250,84	2188,27	0,00744	1380,83	0,02904

Tablo 9.59 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon Kesiti Plastik Mafsal Dönme Sınırları

16 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Kolon	ε_{su}	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(SH)}$
S101 (14)	0,08	0,018	0,032	0,014	0,024	0	0,0075
S101 (13-11)	0,08	0,017	0,032	0,012	0,024	0	0,0075
S101 (10-7)	0,07	0,018	0,027	0,013	0,020	0	0,0075
S101 (6-3)	0,05	0,014	0,020	0,010	0,015	0	0,0075
S101 (2-BK)	0,05	0,013	0,019	0,010	0,014	0	0,0075
S103 (14-11)	0,08	0,019	0,032	0,014	0,024	0	0,0075
S103 (10-7)	0,04	0,012	0,015	0,009	0,011	0	0,0075
S103 (6-4)	0,02	0,009	0,010	0,007	0,007	0	0,0075
S103 (3)	0,02	0,007	0,007	0,005	0,005	0	0,0075
S103 (2-BK)	0,01	0,007	0,006	0,005	0,004	0	0,0075

9.6.1.3 Perde Kesiti Sınır Değerleri

2-BK Başlık bölgesi düşey donatısı 12Φ20, iki donatı arası mesafe 0,25 m,

Donatı kalınlığı 3,14 cm^2/25 cm=0,1256 cm=0,001256 m

13-3 Başlık bölgesi düşey donatısı 8Φ20, iki donatı arası mesafe 0,22 m,

Donatı kalınlığı 3,14 cm^2/22 cm=0,143 cm=0,00143 m

14 Başlık bölgesi düşey donatısı 8Φ26, iki donatı arası mesafe 0,22 m,

Donatı kalınlığı 5,31 cm^2/22 cm=0,241 cm=0,00241 m

Gövde bölgesi düşey donatısı Φ10/200

Donatı kalınlığı 0,79 cm^2/20 cm=0,0395 cm=0,000395 m

16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem için tanımlanmış kabuk elemanlar Tablo 9.60'da verilmiştir.

Tablo 9.60 16 Katlı Kabuk Perdeli Sistem'de Doğrusal Olmayan Modelleme İçin Tanımlanan Kesitler

Section Name	Layer Name	Distance	Thickness	Type	Num Int. Number	Material	Material Angle	Type	Material Component Behavior		
									S11	S22	S12
2-BK Başlık	ConcM	0	0,3	Membran	1	C35-Sargılı	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
	TopBar2M	0,11	0,001256	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	BotBar2M	-0,11	0,001256	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	ConcP	0	0,3	Plate	2	C35-Sargılı	0	Directional	Linear	Linear	Linear
13-3 Başlık	ConcM	0	0,3	Membran	1	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
	TopBar2M	0,11	0,001427	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	BotBar2M	-0,11	0,001427	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	ConcP	0	0,3	Plate	2	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Linear	Linear
14 Başlık	ConcM	0	0,3	Membran	1	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
	TopBar2M	0,11	0,002414	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	BotBar2M	-0,11	0,002414	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	ConcP	0	0,3	Plate	2	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Linear	Linear
Gövde	ConcM	0	0,3	Membran	1	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Nonlinear	Linear
	TopBar2M	0,11	0,000393	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	BotBar2M	-0,11	0,000393	Membran	1	B420C	90	Directional	Nonlinear	Inactive	Linear
	ConcP	0	0,3	Plate	2	C35-Sargısız	0	Directional	Linear	Linear	Linear

Tablo 9.61 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Moment Eğrilik Değerleri

16 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM											
Perde	b (m)	h (m)	H (m)	A_s (mm^2)	A_s' (mm^2)	A_s'' (mm^2)	N_{ort} (kN)	M_y (kNm)	Φ_y (rad/m)	M_u (kNm)	Φ_u (rad/m)
P103 (ZK-BK)	6,30	0,30	3,2	5184	5184	0	8834,53	1486,19	0,01311	1652,49	0,15540
P101 (ZK-BK)	6,30	0,30	3,2	5184	5184	0	8834,53	26993,06	0,00055	32735,48	0,00680

Tablo 9.62 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Perde Kesiti Dönme Sınırları

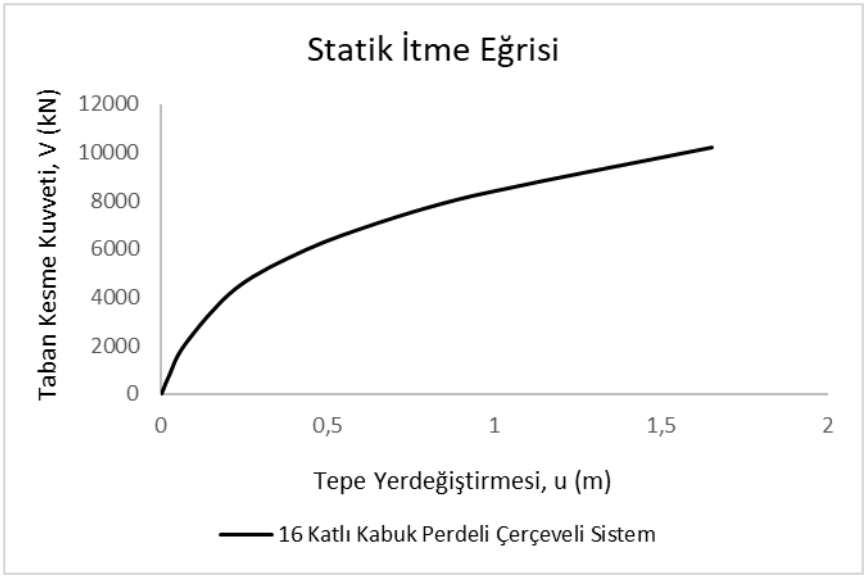
16 KATLI KABUK PERDELİ ÇERÇEVELİ SİSTEM							
Perde	ε_{su}	$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$ (rad)	$\varepsilon_s^{(SH)}$
P103 (ZK-BK)	0,08	0,0229	0,031	0,0172	0,023	0	0,0075
P101 (ZK-BK)	0,08	0,0010	0,032	0,0008	0,024	0	0,0075

9.6.2 Statik İtme Eğrisinin Elde Edilmesi

Sistemin birinci titreşim modu U_x=0,65 kütle katılım oranı ile x doğrultusuna aittir. Bu genlik ve kat kütleleriyle orantılı olarak yatay yükler aralarında oran sabit kalacak şekilde analiz SAP2000 ile yapılarak statik itme eğrisi elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 9.63'te ve eğri Şekil 9.23'te verilmiştir.

Tablo 9.63 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Taban Kesme Kuvveti – Tepe Yer Değiştirme Değerleri

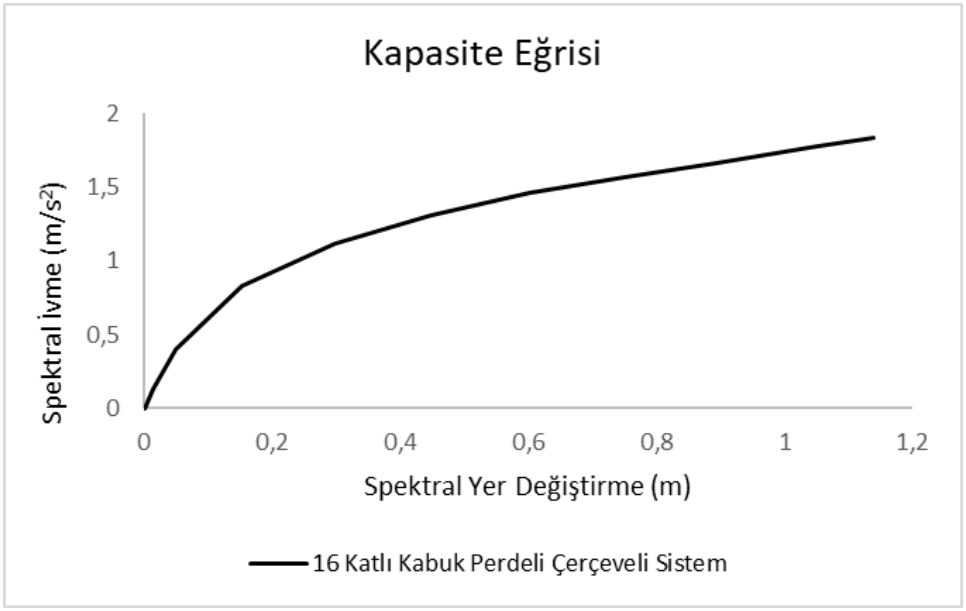
Taban Kesme Kuvveti (kN)	0	683	2067	4374	5962	7079	7997	8651	9224	9851	10203
Tepe Yer Değiştirmesi (m)	0	0,02	0,07	0,22	0,43	0,65	0,87	1,09	1,29	1,52	1,65



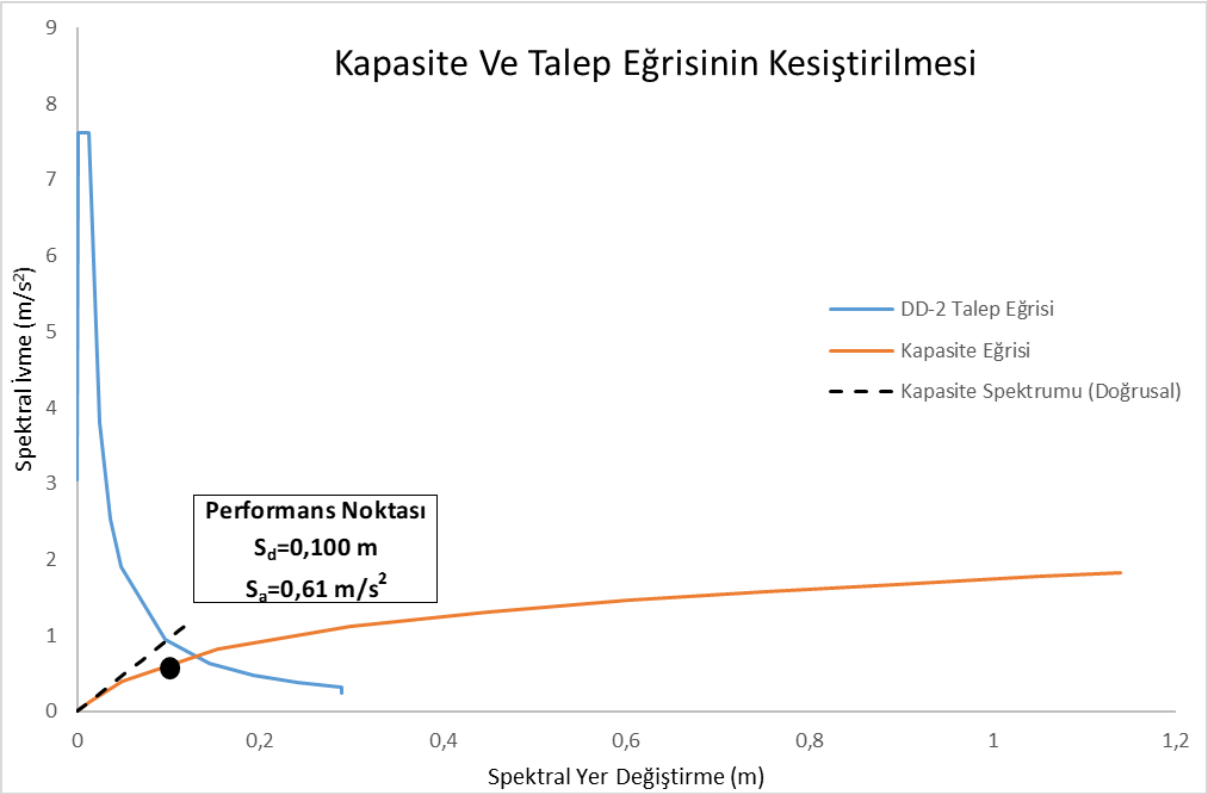
Şekil 9.23 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Statik İtme Eğrisi

9.6.3 Performans Noktasının ve Karşı Gelen Performans Bölgelerinin Belirlenmesi

16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem'in kapasite eğrisi $S_{a,kapasite}$ ve $S_{d,kapasite}$ olarak elde edilmiş düşey eksen g=9,81 m/s^2 ile çarpılmıştır. Kapasite eğrisi Şekil 9.24'te verilmiştir.



Şekil 9.24 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Kapasite Eğrisi



Şekil 9.25 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemin Performans Noktasının Bulunması

Şekil 9.25'de görüldüğü üzere 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem'in spektral yer değiştirme değeri S_d=0,100 m, spektral ivme değeri S_a=0,61 m/s^2 olarak bulunur. Performans noktasına karşılık gelen taban kesme kuvveti değeri V=3200,73 kN ve tepe yer değiştirmesi u=0,147 m olarak elde edilir.

Performans noktasının tepe yer değiştirmesi u=0,147 m'ye kadar statik itme gerçekleştirilmiş ve ortaya çıkan plastik mafsal dönme değerleri belirlenmiş, Tablo 9.64 ve Tablo 9.65'de gösterilmiştir. Bu değerlere göre kesitlerdeki performans bölgeleri ve hasar bölgeleri tespit edilmiştir.

Tablo 9.64 ve Tablo 9.65'de görüleceği üzere oluşan bütün plastik mafsallar kontrollü hasar bölgesini aşmamıştır ve böylece tasarımda ön görülen performans hedefi sağlanmıştır. Hasar bölgeleri bütün mafsallarda $\theta_p^{(SH)}<\theta_p<\theta_p^{(KH)}$ sağladığı için belirgin hasar bölgesi olarak belirlenmiştir.

Tablo 9.64 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri

16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kirişlerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri								
Kat	**Kiriş No**	**Kiriş Adı**	**Mafsal Türü**	**M_3 (kNm)**	**R_3 (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**Hasar Bölgesi**
7	17	K104	17H1	109,45	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			17H2	-90,39	0			
			17H1	-90,39	0			
			17H2	-162,37	-0,002588			
7	25	K103	25H1	66,32	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			25H2	-275,77	0			
			25H1	-130,77	0			
			25H2	-409,09	-0,001993			
7	27	K104	27H1	109,42	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			27H2	-90,39	0			
			27H1	-90,39	0			
			27H2	-162,39	-0,002589			
7	28	K103	28H1	65,61	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			28H2	-275,77	0			
			28H1	-130,77	0			
			28H2	-408,33	-0,001987			
8	60	K104	60H1	110,30	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			60H2	-90,23	0			
			60H1	-90,23	0			
			60H2	-163,11	-0,002579			
8	61	K103	61H1	70,32	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			61H2	-277,61	0			
			61H1	-127,38	0			
			61H2	-411,09	-0,001975			
8	63	K104	63H1	110,27	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			63H2	-90,23	0			
			63H1	-90,23	0			
			63H2	-163,13	-0,002580			
8	64	K103	64H1	69,64	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			64H2	-277,61	0			
			64H1	-127,38	0			
			64H2	-410,42	-0,001968			
ZK	76	K104	76H1	18,21	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			76H2	-90,97	0			
			76H1	-90,97	0			
			76H2	-162,37	-0,000740			
ZK	79	K104	79H1	18,20	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			79H2	-90,97	0			
			79H1	-90,97	0			
			79H2	-162,38	-0,000740			
1	112	K104	112H1	67,42	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			112H2	-90,75	0			
			112H1	-90,75	0			
			112H2	-163,50	-0,001685			
1	115	K104	115H1	67,39	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			115H2	-90,75	0			
			115H1	-90,75	0			
			115H2	-163,51	-0,001685			

9	136	K104	136H1	110,17	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			136H2	-89,74	0			
			136H1	-89,74	0			
			136H2	-162,82	-0,002566			
9	137	K103	137H1	73,51	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			137H2	-286,05	0			
			137H1	-121,62	0			
			137H2	-411,09	-0,002147			
9	139	K104	139H1	110,15	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			139H2	-89,74	0			
			139H1	-89,74	0			
			139H2	-162,84	-0,002567			
9	140	K103	140H1	72,79	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			140H2	-286,05	0			
			140H1	-121,62	0			
			140H2	-410,35	-0,002139			
2	148	K104	148H1	96,09	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			148H2	-90,49	0			
			148H1	-90,49	0			
			148H2	-163,56	-0,002248			
2	149	K103	149H1	27,88	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			149H2	-241,55	0			
			149H1	-162,62	0			
			149H2	-411,09	-0,000789			
2	151	K104	151H1	96,06	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			151H2	-90,49	0			
			151H1	-90,49	0			
			151H2	-163,56	-0,002248			
2	152	K103	152H1	27,34	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			152H2	-241,55	0			
			152H1	-162,62	0			
			152H2	-410,44	-0,000788			
9	171	K103	171H1	-286,05	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			171H2	-23,28	0			
			171H1	-411,09	-0,000155			
			171H2	-121,62	0			
9	173	K103	173H1	-25,59	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			173H2	-286,05	0			
			173H1	-121,62	0			
			173H2	-408,66	-0,000153			
3	184	K104	184H1	107,09	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			184H2	-90,51	0			
			184H1	-90,51	0			
			184H2	-163,55	-0,002478			
3	185	K103	185H1	40,57	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			185H2	-249,24	0			
			185H1	-155,76	0			
			185H2	-407,21	-0,001185			
3	187	K104	187H1	107,05	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			187H2	-90,51	0			
			187H1	-90,51	0			
			187H2	-163,56	-0,002477			

3	188	K103	188H1	40,67	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			188H2	-249,24	0			
			188H1	-155,76	0			
			188H2	-408,79	-0,001145			
4	220	K104	220H1	109,45	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			220H2	-90,68	0			
			220H1	-90,68	0			
			220H2	-162,68	-0,002561			
4	221	K103	221H1	51,02	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			221H2	-255,05	0			
			221H1	-149,28	0			
			221H2	-411,09	-0,001415			
4	223	K104	223H1	109,42	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			223H2	-90,68	0			
			223H1	-90,68	0			
			223H2	-162,70	-0,002562			
4	224	K103	224H1	50,39	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			224H2	-255,05	0			
			224H1	-149,28	0			
			224H2	-410,40	-0,001411			
10	233	K104	233H1	101,89	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			233H2	-90,16	0			
			233H1	-90,16	0			
			233H2	-163,54	-0,002413			
10	241	K103	241H1	69,78	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			241H2	-285,21	0			
			241H1	-119,75	0			
			241H2	-408,79	-0,002047			
10	243	K104	243H1	101,87	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			243H2	-90,16	0			
			243H1	-90,16	0			
			243H2	-163,56	-0,002415			
10	244	K103	244H1	69,14	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			244H2	-285,21	0			
			244H1	-119,75	0			
			244H2	-408,17	-0,002040			
5	256	K104	256H1	116,69	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			256H2	-90,20	0			
			256H1	-90,20	0			
			256H2	-162,98	-0,002680			
5	257	K103	257H1	60,33	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			257H2	-262,93	0			
			257H1	-142,89	0			
			257H2	-411,09	-0,001659			
5	259	K104	259H1	116,66	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			259H2	-90,20	0			
			259H1	-90,20	0			
			259H2	-163,00	-0,002680			
5	260	K103	260H1	59,64	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			260H2	-262,93	0			
			260H1	-142,89	0			
			260H2	-410,32	-0,001654			

6	292	K104	292H1	114,29	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			292H2	-90,43	0			
			292H1	-90,43	0			
			292H2	-163,50	-0,002643			
6	293	K103	293H1	63,97	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			293H2	-266,60	0			
			293H1	-138,11	0			
			293H2	-411,09	-0,001775			
6	295	K104	295H1	114,26	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			295H2	-90,43	0			
			295H1	-90,43	0			
			295H2	-163,52	-0,002644			
6	296	K103	296H1	63,29	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			296H2	-266,60	0			
			296H1	-138,11	0			
			296H2	-410,39	-0,001770			
10	335	K103	335H1	-285,21	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			335H2	-22,78	0			
			335H1	-411,09	-0,000078			
			335H2	-119,75	0			
10	337	K103	337H1	-25,04	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			337H2	-285,21	0			
			337H1	-119,75	0			
			337H2	-408,64	-0,000077			
11	356	K104	356H1	91,45	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			356H2	-89,98	0			
			356H1	-89,98	0			
			356H2	-162,43	-0,002249			
11	357	K103	357H1	67,09	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			357H2	-295,14	0			
			357H1	-113,47	0			
			357H2	-407,48	-0,002229			
11	359	K104	359H1	91,38	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			359H2	-89,98	0			
			359H1	-89,98	0			
			359H2	-162,45	-0,002248			
11	360	K103	360H1	67,70	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			360H2	-295,14	0			
			360H1	-113,47	0			
			360H2	-411,09	-0,002152			
11	367	K103	367H1	-295,14	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			367H2	-22,24	0			
			367H1	-407,58	-0,000302			
			367H2	-113,47	0			
11	369	K103	369H1	-23,44	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			369H2	-295,14	0			
			369H1	-113,47	0			
			369H2	-408,24	-0,000251			
12	388	K104	388H1	88,23	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			388H2	-90,26	0			
			388H1	-90,26	0			
			388H2	-163,53	-0,002153			

12	389	K103	389H1	64,84	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			389H2	-290,72	0			
			389H1	-113,90	0			
			389H2	-408,98	-0,001966			
12	391	K104	391H1	88,18	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			391H2	-90,26	0			
			391H1	-90,26	0			
			391H2	-163,55	-0,002156			
12	392	K103	392H1	64,25	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			392H2	-290,72	0			
			392H1	-113,90	0			
			392H2	-408,39	-0,001959			
12	399	K103	399H1	-290,72	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			399H2	-22,00	0			
			399H1	-408,65	-0,000141			
			399H2	-113,90	0			
12	401	K103	401H1	-22,89	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			401H2	-290,72	0			
			401H1	-113,90	0			
			401H2	-410,27	-0,000075			
13	420	K104	420H1	93,91	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			420H2	-89,25	0			
			420H1	-89,25	0			
			420H2	-163,19	-0,002252			
13	421	K103	421H1	70,09	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			421H2	-300,62	0			
			421H1	-109,28	0			
			421H2	-407,51	-0,002235			
13	423	K104	423H1	93,90	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			423H2	-89,25	0			
			423H1	-89,25	0			
			423H2	-163,21	-0,002252			
13	424	K103	424H1	70,06	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			424H2	-300,62	0			
			424H1	-109,28	0			
			424H2	-409,02	-0,002192			
13	431	K103	431H1	-300,62	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			431H2	-18,45	0			
			431H1	-411,09	-0,000293			
			431H2	-109,28	0			
13	433	K103	433H1	-20,59	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			433H2	-300,62	0			
			433H1	-109,28	0			
			433H2	-408,91	-0,000288			
14	452	K104	452H1	49,40	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			452H2	-83,03	0			
			452H1	-83,03	0			
			452H2	-162,80	-0,001123			
14	453	K103	453H1	54,91	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			453H2	-277,65	0			
			453H1	-95,33	0			
			453H2	-411,09	-0,001267			

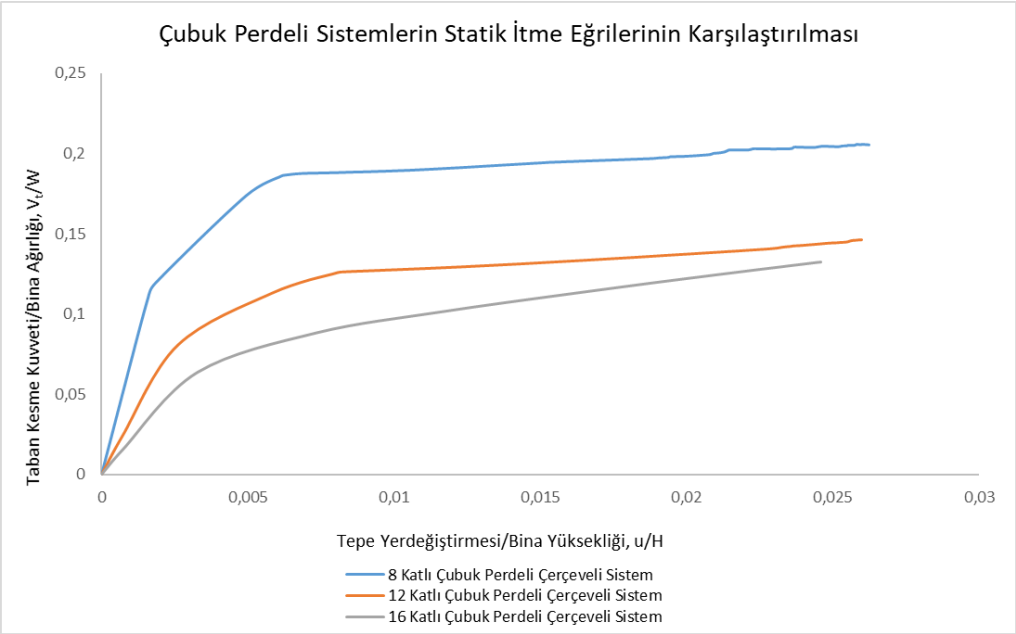
14	455	K104	455H1	49,38	0	0,010	0,013	Belirgin Hasar Bölgesi
			455H2	-83,03	0			
			455H1	-83,03	0			
			455H2	-162,90	-0,001124			
14	462	K103	462H1	54,34	0	0,011	0,014	Belirgin Hasar Bölgesi
			462H2	-277,65	0			
			462H1	-95,33	0			
			462H2	-410,41	-0,001263			

Tablo 9.65 16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri

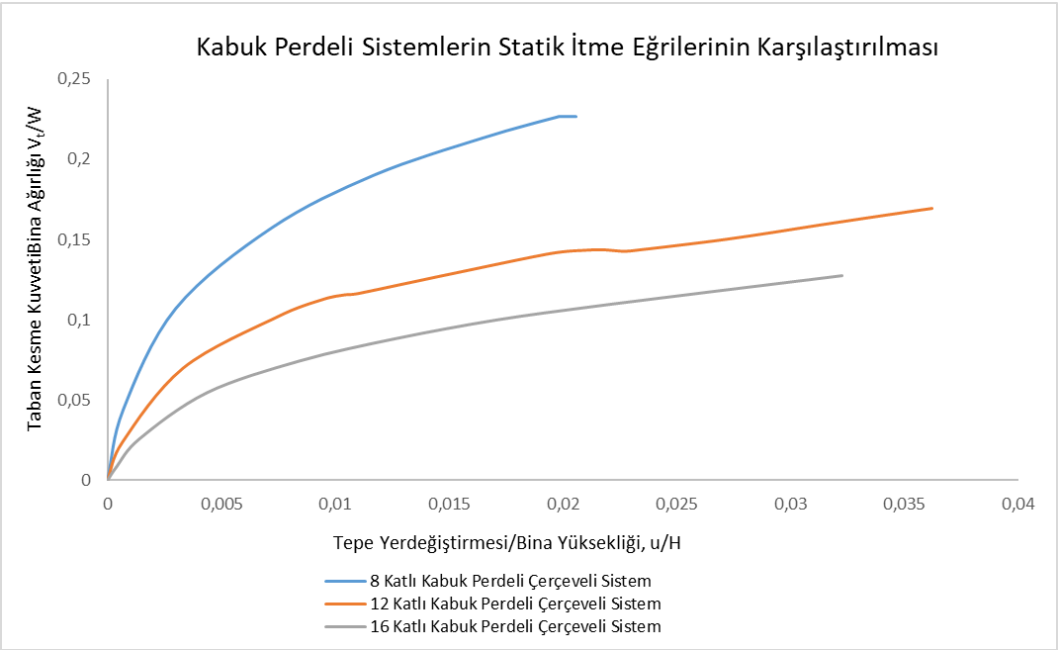
16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistemde Kolon ve Perdelerde Oluşan Plastik Mafsal Dönme Değerleri												
Kat	**Perde Adı**	**Durum**	**F_3 (kN)**	**M_1 (kNm)**	**M_2 (kNm)**	**Nokta**	**$U_{3,sol}$ (m)**	**$U_{3,sağ}$ (m)**	**θ (rad)**	**$\theta_p^{(KH)}$ (rad)**	**$\theta_p^{(GÖ)}$ (rad)**	**Hasar Bölgesi**
ZK	P101 ZK-BK	Max	9470,14	-305,53	25530,72	14	0,0005	-	-0,000133	0,0008	0,001	Belirgin Hasar Bölgesi
		Min	9219,82	-322,41	0,00	15	-	-0,001				
ZK	P101 ZK-BK	Max	9454,47	315,50	25511,23	2	0,0005	-	-0,000133	0,0008	0,001	Belirgin Hasar Bölgesi
		Min	9217,25	304,50	0,00	3	-	-0,001				

9.7 SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde doğrusal olmayan hesap yöntemi olan statik itme yönteminin sonuçlarının toplam altı sistem için karşılaştırılması ve sonuçların yorumlanması yapılmıştır. Karşılaştırma olarak bütün çubuk perdeli sistemlerin, bütün kabuk perdeli sistemlerin ve aynı katlı sistemlerin statik itme eğrileri karşılaştırılmıştır. Daha sonra her sistem için bulunan performans noktalarının taban kesme kuvveti, tepe yer değiştirmesi, taban kesme kuvvetinin toplam ağırlığa oranı ve tepe yer değiştirmenin bina yüksekliğe oranı değerleri karşılaştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

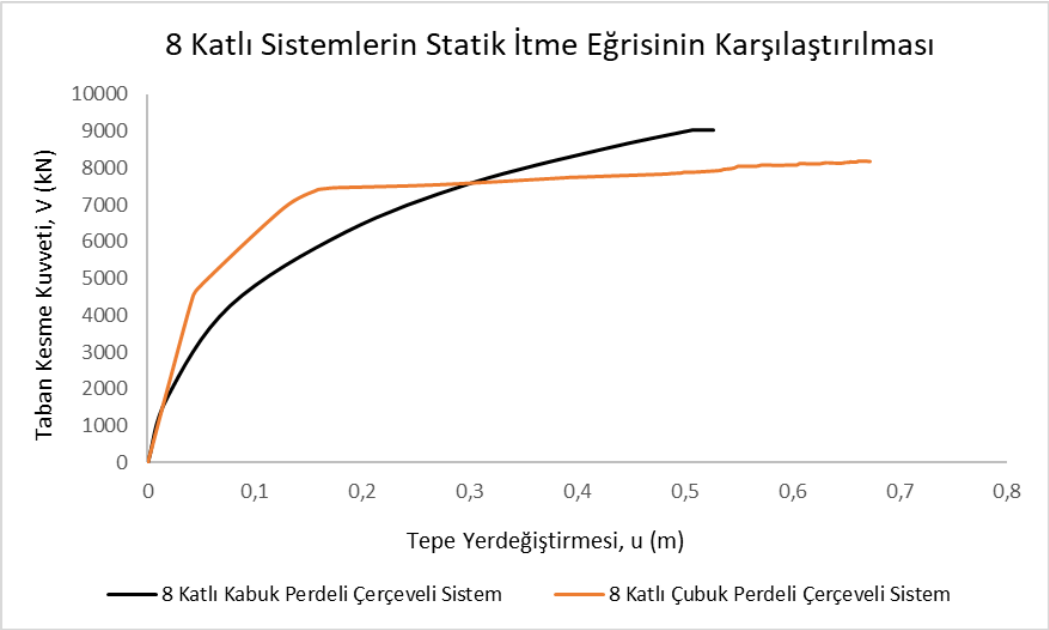


Şekil 9.26 Çubuk Perdeli Sistemlerin Statik İtme Eğrilerinin Karşılaştırılması

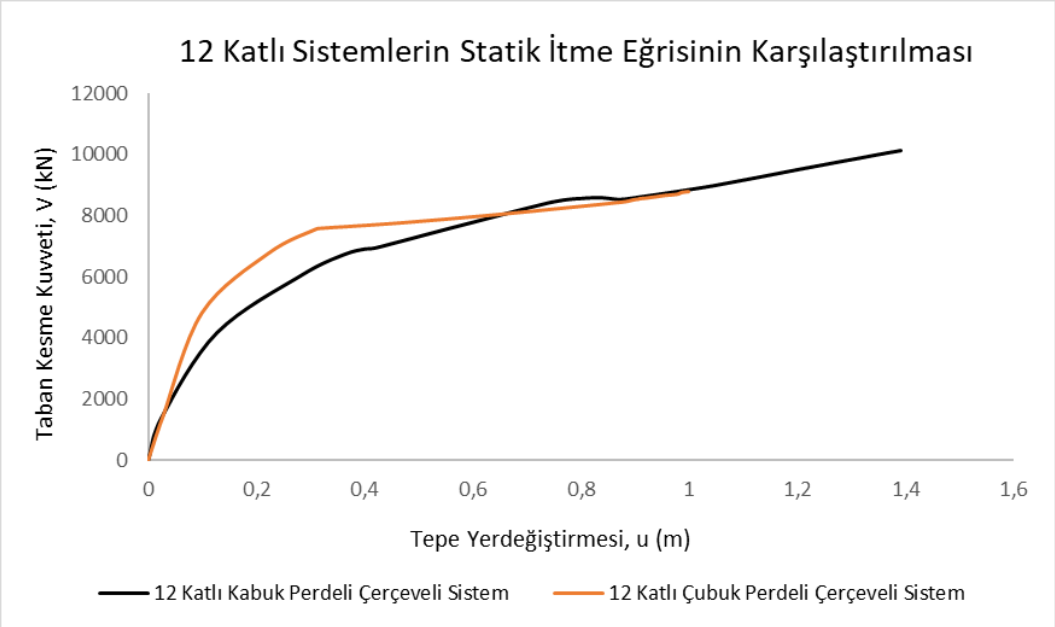


Şekil 9.27 Kabuk Perdeli Sistemlerin Statik İtme Eğrilerinin Karşılaştırılması

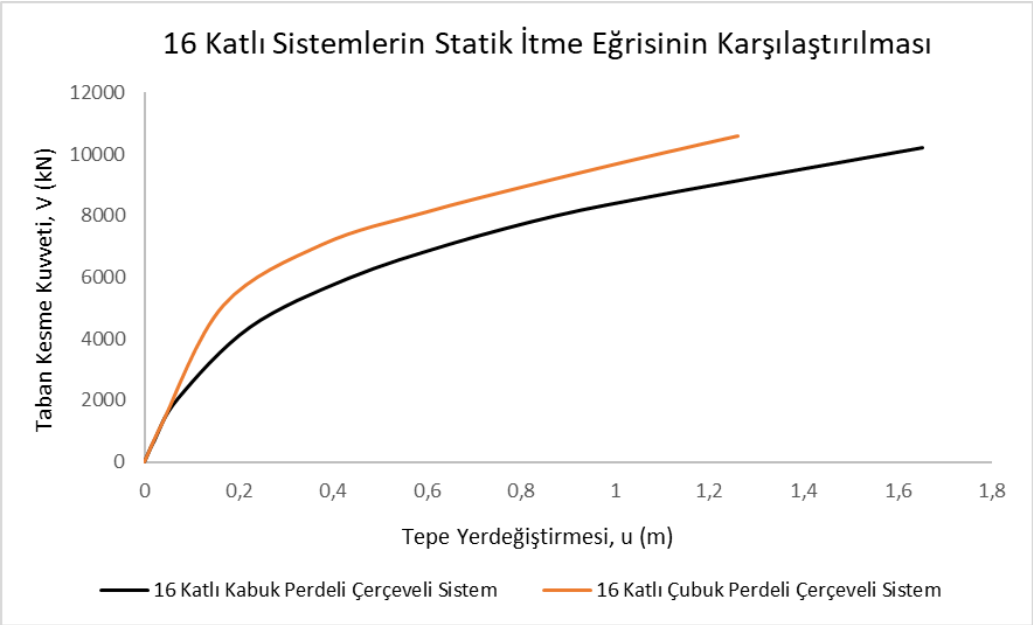
Şekil 9.26 ve Şekil 9.27'de çeşitli kat sayılarına sahip iki tip perde modellemesi kullanılarak elde edilen statik itme eğrilerinin karşılaştırılması gösterilmiştir. Düşey eksen taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına oranı, yatay eksen tepe yer değiştirmesinin toplam bina yüksekliğine oranını gösterir. İki şekilde de kat sayısı arttıkça V_t/W oranı azalmaktadır.



Şekil 9.28 8 Katlı Sistemlerin Statik İtme Eğrilerinin Karşılaştırılması



Şekil 9.29 12 Katlı Sistemlerin Statik İtme Eğrilerinin Karşılaştırılması



Şekil 9.30 16 Katlı Sistemlerin Statik İtme Eğrilerinin Karşılaştırılması

Şekil 9.28, Şekil 9.29 ve Şekil 9.30'da aynı kat sayılarına sahip iki tip perde modellemesi kullanılarak elde edilen statik itme eğrileri gösterilmiştir. Şekillerde görüldüğü gibi çubuk perdeli modellerin itme eğrileri kabuk perdeli modellere göre biraz daha yüksektir. Bu beklenilen bir sonuçtur çünkü çubuk perdeli sistemler kabuk perdeli sistemlere göre daha rijit olacağı için itme yer değiştirmeleri daha düşük olacaktır. Örnek olarak 16 Katlı Sistemin itme eğrisinde 6000 kN'luk taban kesme kuvveti karşısında çubuk perdeli sistemin tepe yer değiştirmesi yaklaşık 0,2 m iken kabuk perdeli sistemin tepe yer değiştirmesi yaklaşık 0,4 m'dir. Sistemlerin çözümlerinde sayısal iterasyonlardaki problemlerden dolayı çoğu zaman toplam çökmeye kadar itme eğrileri elde edilemez. Bu sebepten dolayı sistemlerin göçme noktaları farklılık gösterebilir. [13]

Tablo 9.66 Statik İtme Yönteminin Bütün Sistemlerle Karşılaştırılması

Statik İtme Yöntemi Performans Noktası Yapısal Analiz Sonuçları (X-X Doğrultusu)				
Sistem	**Taban Kesme Kuvveti (kN)**	**Tepe Yatay Yer Değiştirme (cm)**	**Taban Kesme Kuvveti/Toplam Ağırlık (%)**	**Tepe Yatay Yer Değiştirme/Bina Yüksekliği (‰)**
8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	5205,20	6,40	13,08	2,50
8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	3519,11	5,90	8,84	2,30
12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	5369,88	13,40	8,96	3,49
12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	3276,19	10,40	5,46	2,71
16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	5452,50	20,60	6,82	4,02
16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	3200,73	14,70	4,00	2,87

Tablo 9.66'da görüldüğü üzere taban kesme kuvveti değerleri göçme yükünün oldukça altındadır. Sistemlerin kapasitesi yüksek olduğu için sistem elastik kalmakta ve performans noktaları bu değerlere sahip olmaktadır. Oluşturulan sistemlerde perdelerin etkisinin önemli olduğu anlaşılır. Bu sonuçlara bakılarak perde kat adedinin fazla olması, perde boyutlarının azaltılabilir olduğu görülür. Kolon ve perdelerin donatılarının belirlenmesinde minimum donatının etkili olması bu duruma işaret eder. Çubuk perdeli sistemlerde performans noktası taban kesme kuvveti değerleri kat adedi arttıkça az farkla artarken, kabuk perdeli sistemlerde bu değerler az farkla azalır. Aynı katlı sistemlerde çubuk perdeli modelin kabuk perdeli modele göre tepe yer değiştirmesi daha büyüktür. Taban kesme kuvvetinin toplam bina ağırlığına oranının etkisi kat adedinin atması ve çubuk perdeli modelden kabuk perdeli modele geçildiğinde azaldığı görülür. Tepe yer değiştirmesinin toplam bina yüksekliğine oranının etkisinde ise kat adedi artarken artış gösterirken, çubuk modelden kabuk modele geçildiğinde azalım gösterir. Sistemler arasındaki farklar kat sayısı arttıkça azalmaktadır.

9.8 DOĞRUSAL HESAP YÖNTEMLERİ İLE STATİK İTME YÖNTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde toplam altı sistemde yapılan doğrusal analiz yöntemleri olan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi'nin, doğrusal olmayan analiz yöntemi olan Statik İtme Yöntemi ile elde edilen performans noktası azaltılmamış taban kesme kuvvetleri, azaltılmamış tepe yer değiştirmeleri ve doğrusal analizde elde edilen azaltılmamış

taban kesme kuvvetinin doğrusal olmayan analizde elde edilen azaltılmamış taban kesme kuvvetine oranları karşılaştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Yöntemler arasındaki farklar incelenmiştir. [12]

Tablo 9.67 Hesap Yöntemlerinin Toplam Altı Sistemle Karşılaştırılması

Sistem	Yöntem	Azaltılmamış Taban Kesme Kuvveti (kN)	Azaltılmamış Tepe Yatay Yer Değiştirme (cm)	Statik İtme Yöntemi Taban Kesme Kuvveti (kN)	Statik İtme Yöntemi Tepe Yer Değiştirme (cm)	Doğrusal Hesap/Statik İtme Taban Kesme Kuvveti
8 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Eşdeğer Deprem Yükü	9687,31	8,96	5205,20	6,40	1,86
	Mod Birleştirme	8285,87	6,09			1,59
8 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Eşdeğer Deprem Yükü	9251,92	9,45	3519,11	5,90	2,63
	Mod Birleştirme	8123,44	6,51			2,31
12 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Eşdeğer Deprem Yükü	13039,76	27,23	5369,88	13,40	2,43
	Mod Birleştirme	10431,81	14,63			1,94
12 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Eşdeğer Deprem Yükü	13039,76	31,36	3276,19	10,40	3,98
	Mod Birleştirme	10431,81	16,45			3,18
16 Katlı Çubuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Eşdeğer Deprem Yükü	17389,24	60,55	5452,50	20,60	3,19
	Mod Birleştirme	13911,39	30,87			2,55
16 Katlı Kabuk Perdeli Çerçeveli Sistem	Eşdeğer Deprem Yükü	17389,24	71,47	3200,73	14,70	5,43
	Mod Birleştirme	13911,39	37,87			4,35

Beklendiği gibi Eşdeğer Deprem Yükü sonuçları Mod Birleştirme Yöntemi sonuçlarından daha büyüktür. Bu sebepten yönetmelikte de bu küçük olma durumu sınırlandırılmıştır. Tablo 9.67'de sonuçlar incelendiğinde, azaltılmamış taban kesme kuvveti değerleri doğrusal analiz yöntemleri olan Eşdeğer Deprem Yükü ve Mod Birleştirme Yöntemi sonuçları, doğrusal olmayan analiz yöntemi olan Statik İtme Yöntemi sonuçlarından daha büyüktür. Statik itme sonuçlarının kat yüksekliği arttıkça büyük olmasının sebebi taşıyıcı sistem boyutlarının kat adedi büyük olan sistemde önemi bir değişikliğe sahip olmamasıdır. Kat yüksekliği arttıkça elemanlardaki eğilme momentleri arttığı için kapasite düşmüştür. Uygulamadaki bir tasarımda muhtemelen kat yüksekliğinin artması ile perdeler kalınlaşacağı için bu durum ortaya çıkmayabilir.

Eşit Yer Değiştirme Kuralı'nın bir yansıması olarak doğrusal ve doğrusal olmayan davranışta meydana gelen taban kesme kuvvetleri çok farklı olduğu halde meydana gelen yer değiştirmeler birbirlerine belirli ölçüde yakın olduğu görülmektedir. Statik itme analizinin en önemli kabulü olan eşit yer değiştirme kuralının beklendiği kadar "eşit" sonuç vermediği, bu kuralın çok sayıda yapılacak incelemelerin sonuçlarında ortaya çıkabileceği unutulmamalıdır. Bu sebepten eşit yer değiştirme kuralının kullanımında özenli olunması gerektiği söylenebilir. Burada yüksek katlı binada da statik itme analizinin sadece karşılaştırma amacıyla kullanıldığı ve yükseklik arttıkça çok modlu statik itme analizinin veya zaman tanım alanında

doğrusal olmayan analizin kullanılması gerektiği hatırlatılır. Azaltılmamış yer değiştirme değerleri incelendiğinde Eşit Yer Değiştirme Kuralı'nın 8 Katlı Sistemde sonuçların daha yakın olduğu, 12 ve 16 katlı sistemlerde ise yer değiştirmeler arasındaki farkın arttığı görülür. Azaltılmamış taban kesme kuvveti oranları incelendiğinde ise elde edilen oranlar doğrusal analiz yöntemleri açısından incelendiğinde birbirine yakın gelmiştir. Kat sayısı arttıkça ve aynı katlı iki farklı model incelendiğinde (çubuk modelden kabuk modele geçildiğinde) oranların arttığı görülür.

SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada, perdelerin modellenmesinin doğrusal ve doğrusal olmayan analizler üzerindeki etkisi, çerçeveli ve perdeli sisteme sahip kat adetleri değişken kabul edilerek oluşturulan taşıyıcı sistemler üzerinde sayısal olarak incelenmiş, sayısal sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Bina kullanım amacı konut olan yeni yapılacak olan altı binanın TBDY 2018 Bölüm 2, Bölüm 3, Bölüm 4 ve Bölüm 7'ye göre doğrusal hesap için sistemler modellenmiş, düşey yükler ve deprem yükleri etkisindeki sistemlerin kesit etkilerinin ve yer değiştirmelerinin belirlenmesi, kesit tasarımı, geometrik boyutlandırma ve donatı seçimi yapılmıştır.

Doğrusal analiz hesap yöntemleri TBDY 2018 Bölüm 4'e göre Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi olarak uygulanmış, analiz sonuçları kat adetleri, perde modeli ve hesap yöntemine göre karşılaştırılmıştır.

Doğrusal olmayan analiz için altı sistem mevcut bina olarak kabul edilmiş, hesap yöntemi TBDY 2018 Bölüm 15'e göre Tek Modlu Statik İtme Yöntemi seçilmiştir. Doğrusal olmayan davranış modelleri için TBDY Bölüm 5'teki kurallar kabul edilmiştir. Kabul edilen mevcut binaların performans noktası değerleri elde edilmiş ve tasarımda ön görülen performans düzeyinin kontrolü yapılmıştır. Analiz sonuçları kat adetleri, perde modeli ve doğrusal hesap yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.

Doğrusal ve doğrusal olmayan analiz sonuçlarının karşılaştırılmasında azaltılmamış taban kesme kuvveti ve azaltılmamış tepe yer değiştirme değerleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen analiz sonuçlarına göre sayısal veriler karşılaştırılmış ve incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralandığı gibidir.

a. Kat adedi eşit olan iki farklı modellemenin kütleleri eşit olduğu için periyot değerleri yapısal sistemlerin rijitliği ile ters orantılıdır. Kabuk modellemenin serbest titreşim periyot değerleri, kabuk elemanın çubuk elemana göre düğüm serbestlik derecesi daha fazla

olduğu için eşdeğer kolon modellemesine göre daha yüksektir. Ancak bu farklılık küçüktür. Bu çalışmadaki örneklerden bu oran 8 katlı sistemde 1,05, 12 katlı sistemde 1,07 ve 16 katlı sistemde 1,08 olarak elde edilmiştir.

b. Farklı modellendiği durumda rijitlikte meydana gelen küçük farktan dolayı kabuk modellerinin periyotları küçük farkla büyük çıkmıştır. Bilindiği gibi çubuk modellemede eğilme momenti ana etki kabul edilirken kesme kuvveti etkisi dolaylı olarak göz önüne alınır. Kabuk modelinde ise düzlem kesitin düzlem kalması gibi bir zorlayıcı kabul yapılmaz ve kesme kuvveti ortaya çıkan düzlem gerilme haliyle göz önüne alınır. Bu sebepten sistemin davranışı biraz daha gerçekçi olur ve rijitliği düşer. Bu durum periyodun uzamasına sebep olur. Ancak bu farklılık kesitine göre boyu uzun perdelerde boy uzadıkça kolon davranışı etkili olacağı için azalır. Ayrıca birinci mod esas alınarak, yüksek katlı sistemlerde iki farklı perde modelindeki periyot artışının daha az katlı sistemlere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak aynı katlı iki farklı modelde bina yükseldikçe periyotlar arasındaki oran azalır. Bu çalışmadaki örneklerden bu oran çubuk perdeli sistemlerde 8-12 katlı sistemde 1,83 iken 12-16 katlı sistemde 1,49 olarak, kabuk perdeli sistemlerde 8-12 katlı sistemde 1,86 iken 12-16 katlı sistemde 1,51 olarak elde edilmiştir.

c. Kat adedi arttıkça yükseklik artarken yatay öteleme rijitliği azalır. Bunun sonucunda düşük katlı sistemlerin yüksek katlı sistemlere göre daha rijit olduğu söylenebilir. Kabuk perdeli sistemlerin çubuk perdeli sistemlere göre periyot değerinin fazla olması ve elde edilmiş olan tepe yer değiştirmelerinin aynı katlı sistemlerde kabuk perdeli sistemlerin çubuk perdeli sistemlere göre daha fazla olması sonucunda çubuk perdeli sistemlerin kabuk perdeli sistemlere göre daha rijit olduğu görülür.

d. Kabuk modelli sistemlerde birinci modda kütle katılım oranı eşdeğer kolon modellemesine göre daha fazladır. Bu fark çözülen örneklerde 8 Katlı Sistem'de %2,6, 12 Katlı Sistem'de %9,5 ve 16 Katlı Sistem'de %13,1 olduğu tespit edilmiştir. Kütle katılım oranı birinci modda kat adedi arttıkça kabuk modelli sistemlerde artarken, eşdeğer kolon modelli sistemlerde azalmaktadır.

e. Doğrusal hesap yöntemleri incelendiğinde, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde binanın toplam kütlesi birinci modda etkin olarak kabul edildiği için hesaplanan değerler Mod Birleştirme Yöntemi değerlerinden büyüktür. Çözülen örneklerde değerler 8 Katlı Çubuk Perdeli Sistemde 0,86, 8 Katlı Kabuk Perdeli Sistemde 0,88 diğer dört sistemde 0,80'dir.

Bu oran ortalama 0,82 bulunmuştur.

f. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde toplam altı sistemde herhangi bir düzensizlik söz konusu olmadığı için TBDY'de DTS=1 ve BYS≥4 için bu yönteme izin verilmiştir. Bu çalışmada BYS≤4 için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi taban kesme kuvvetinde minimum şart ($V_{tE,min}$=0,04$m_t I S_{DS} g$) etkili olmuştur.

g. Bu çalışmada Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi sonuçlarında $V_{tE}^{(X)}=m_t \times S_{aR}(T_x)$ değerleri kat adedi arttıkça V_{tE} değerleri azalmaktadır. Kat sayısı arttıkça sistem kütlesi artmasına rağmen periyoda bağlı olan azaltılmış tasarım spektral ivmesi kütle artımından daha fazla azalım gösterdiği için azalmaktadır. Aynı katlı iki farklı modellemede kabuk perdeli sistemlerin periyodu çubuk perdeli sistemlere göre daha fazla olduğu için S_{ae} ve S_{aR} değerleri daha düşüktür. Bu yüzden taban kesme kuvveti ve V_t/W değerleri çubuk perdeli sisteme göre (%4,5~7,3) daha azdır.

h. SAP2000 programından elde edilen yer değiştirme değerleri ile yaklaşık hesap kontrollerinden elde edilen yer değiştirmeler karşılaştırılmış ve Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi sonuçları Mod Birleştirme Yöntemine göre daha yakın elde edilmiştir. Bu çalışmadaki örneklerden Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi yer değiştirme sonuçlarında yakınlık %2,6~0,2 ve yer değiştirme/bina yüksekliği sonuçlarında yakınlık %2,7~0,1 iken, Mod Birleştirme Yöntemi'nde %21,5~15,3 ve %21,6~15,5 olarak elde edilmiştir.

i. Sistemlerde bulunan perde ve kolonlarda oluşan taban kesme kuvveti ve taban eğilme momenti değerleri incelendiğinde Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde depremin iki doğrultuda etkisi göz önüne alınarak sonuçlarda işaret değişimi iki doğrultuda eşdeğer kuvvet göz önüne alınırken, Mod Birleştirme Yöntemi'nde spektrum kullanıldığı için ve bu spektrum tanımından kaynaklanan pozitif değerler çıkmaktadır. Sistemlerde Mod Birleştirme Yöntemi'nden elde edilen taban kesme kuvveti değerleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden daha küçük olduğu için kolon ve perdelerdeki taban kesme kuvveti ve taban eğilme momenti değerleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden elde edilen sonuçlara göre daha küçüktür.

j. Doğrusal ve doğrusal olmayan analiz sonuçlarında kat sayısı arttıkça taban kesme kuvveti/toplam kütle oranında azalım görülmüştür. Bunun sebebi spektrum eğrisinin azalan kolundan kaynaklanmaktadır (T_B=0,25s<T<T_L=6s için $S_{ae}(T)=S_{D1}/T$). Bunun yanında tepe yer değiştirmenin bina yüksekliğine oranı %0,24~1,40 aralığında kalmıştır.

k. Aynı katlı iki farklı modellemenin statik itme eğrileri incelendiğinde, eşdeğer kolon perdeli sistemlerin itme eğrisinin, kabuk perdeli sistemlerin itme eğrisine göre biraz daha büyük taban kesme kuvvetlerine eriştiği görülür. Çünkü çubuk perdeli sistemler kabuk perdeli sistemlere göre daha rijit olduğu için itme yer değiştirmeleri biraz daha düşük hesaplanmıştır.

l. Farklı kat sayılarına sahip iki tür perde modellemesi kullanılarak elde edilen statik itme eğrilerinin karşılaştırıldığında kat sayısı arttıkça V_t/W oranı azalmaktadır. Bunun sebebi spektrum eğrisinin azalan kolundan kaynaklanmaktadır. Ayrıca sistemlerin çözümlerinde sayısal iterasyonlardaki problemlerden dolayı göçme noktaları farklılık göstermiştir.

m. Mevcut bina olarak kabul edilen sistemlerin doğrusal olmayan analizi sonucunda bütün sistemler tasarımda ön görülen kontrollü hasar performans hedefini rahatlıkla sağlamıştır.

n. Aynı katlı iki farklı modellemenin Statik İtme Analizi performans noktası sonuçları karşılaştırıldığında çubuk perdeli sistemin taban kesme kuvveti değeri kabuk perdeli sisteme göre daha büyüktür ve çubuk perdeli modelin kabuk perdeli modele göre tepe yer değiştirmesi daha büyüktür. Bunun sonucunda çubuk perdeli sistemlerin kabuk perdeli sistemlere göre daha rijit olduğu görülür.

o. Bütün sistemlerde Statik İtme Analizi sonuçları incelendiğinde performans noktası sonuçları sistem kapasitesi yüksek olduğu için sistemin elastik kaldığını gösterir. Bu durum sistemlerde perdelerin etkisinin önemli olduğuna işaret etmektedir.

p. Doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerin karşılaştırılması sonucunda yer değiştirmeler, az katlı sistemlerde eşit yer değiştirme kuralına göre yakın sonuçlar elde edilirken, kat sayısının artmasıyla bu yakınlık azalmıştır. Bunun muhtemel sebebi yüksek katlı binalarda Statik İtme Analizi'nde göz önüne alınmayan yüksek modların etkisidir. Taban kesme kuvveti oranları ise kat sayısı arttıkça ve çubuk modelden kabuk modele geçildiğinde oranların arttığı görülür.

q. Statik İtme Analizi sonucunda elde edilen performans noktasında oluşan plastik mafsal dönme değerleri, sınır değerlerine oranlanarak bütün sistemler için ortalama k=0,17 elde edilmiştir. Bu değer $k<<1$ olduğu için sistemlerin sınırların çok altında kaldığı görülür. Buradan doğrusal olmayan yöntem ve doğrusal yöntem arasındaki farkın küçük olmadığı görülür. Bu durum iki şekilde değerlendirilebilir. Birincisi, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve onun 0,80'ini alan Mod Birleştirme Yöntemi ve devamında uygulanan

tasarım hesapları doğrusal olana göre abartılı sonuç vermektedir. İkincisi ise, doğrusal olmayan hesap yöntemi beklendiğinden küçük sonuçlar vermektedir. İkisi arasındaki uyuşum zayıftır. Ancak örneklerde yapılan tasarımda perdeler gerektiğinden büyük konulmuştur. Bunun bir sebebi, perdelerin açıklığın bir bölümüne konulmasına gidilmemiştir. Tasarımın gerektiğinden kuvvetli sistem ortaya çıkarmasının bir sebebi de budur.

r. Bu çalışma perdelerin modellenmesinin eşdeğer kolon veya sonlu kabuk eleman kullanılarak analizlerin yapılabileceğini gösterir. Bu çalışmanın sonucunda belirli bir kat planı düzenine sahip ve 8, 12 ve 16 katlı sistemler için sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Daha genel sonuçlar elde edebilmek için farklı kat planlarına ve çeşitli kat sayılarına göre çalışma genelleştirilebilir.

KAYNAKÇA

1. SAP 2000, Integrated Software For Structural Analysis And Design, v20, 2017.

2. İ. Ekiz, Yapı Statiği II, Birsen Yayınevi, 2016.

3. İ. Ekiz, Yapı Statiği I, Birsen Yayınevi, 2013.

4. Z. Celep, Betonarme Yapılar, Beta Yayıncılık, 2020.

5. Z. Celep, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Yayıncılık, 2019.

6. Z. Celep, Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, 2020.

7. A. Çakıroğlu ve E. Özer, "Dikdörtgen ve Daire Betonarme Kesitlerde Taşıma Gücü Formülleri ve Yaklaşıklık Mertebeleri", Teknik Dergi, c. 1, sayı. 1, Şub. 1990

8. TS 498: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 1987.

9. TS 500: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 2000.

10. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Ankara 2018.

11. AFAD, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara 2018. (Türkiye Deprem Tehlike Haritaları, https://tdth.afad.gov.tr/)

12. Y.U. Çapa, Kat Adetleri Farklı Betonarme Binaların Deprem Performanslarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Vakıf Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2020.

13. O. Yapıcı, H. Şahin, Z. Celep, On Modelling Of Shear Walls In Linear And Nonlinear Analysis Of Structural Systems, International Congress On Advanced Earthquake Resistant Structures, Ondokuz Mayis University, 2016.

14. J. P. Moehle, J. D. Hooper, D. J. Kelly, T. R. Meyer, Seismic Design of Cast-in-Place Concrete Diaphragms, Chords, and Collectors, NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 3, 2010

15. J. P. Moehle, T. Ghodsi, J. D. Hooper, D. C. Fields, R. Gedhada, Seismic Design of Cast-in-Place Concrete Special Structural Walls and Coupling Beams, NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 6, 2012