



**ASMOLEN DÖŞEME SİSTEMİNE SAHİP BETONARME
BİNALARDA YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

İnş. Müh. Ozan İNCE

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hümeysra ŞAHİN
TEMMUZ-2018**

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASMOLEN DÖŞEME SİSTEMİNE SAHİP BETONARME BİNALARDA YUMUŞAK KAT
DÜZENSİZLİĞİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ozan İNCE

(161115102)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 28 Haziran 2018
Tezin Savunulduğu Tarih: 13 Temmuz 2018

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hümeysra ŞAHİN (F.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Kürşat Esat ALYAMAÇ (F.Ü.)
Doç. Dr. Burak YÖN (M.Ü.)



TEMMUZ-2018

ÖNSÖZ

Yapmış olduğum tez çalışmasının her aşamasında bana yardımcı olan, değerli bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan ve değerli zamanını ayıran Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hümeysra ŞAHİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmam sırasında değerli bilgi ve birikimleriyle bana yardımcı olan hocalarım Sayın Prof. Dr. Zülfü Çınar ULUCAN ve Doç. Dr. Kürşat Esat ALYAMAÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimimde, 2210-A Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı kapsamında beni destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkürlerimi sunarım.

Desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Ozan İNCE
ELAZIĞ 2018

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VIII
TABLolar LİSTESİ	IX
SEMBOLLER LİSTESİ.....	X
KISALTMALAR	XI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
1.2. Tezin Organizasyonu	3
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI	5
3. ASMOLEN DÖŞEME	11
3.1. Betonarme Döşemeler.....	11
3.1.1. Kirişli Plak Döşemeler	11
3.1.2. Dişli Döşemeler.....	12
3.1.3. Kirişsiz Döşemeler	12
3.2. Asmolen Döşeme	14
3.3 Asmolen Döşeme Tasarımı.....	17
3.4. Geniş ve Sığ Kirişlerin Deprem Davranışı	21
3.4.1. Geniş Kiriş-Kolon Birleşim Bölgelerinde Burulma.....	26
3.4.2. Geniş Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesinde Aderans Durumu.....	26
3.4.3. Geniş Kirişlerde Enerji Sönümlleme Kapasitesi	27

3.4.4. Geniş Kirişlerde Kesme Kuvvet Dayanımı	27
3.4.5. Geniş ve Sığ Kirişli Birleşim Bölgelerinde Güçlü Kolon- Zayıf Kiriş Durumu	27
3.5. Asmolen Döşemelerin Deprem Davranışı	28
3.6. Asmolen Döşemeli Betonarme Binalarda Uygulama ve Tasarım Hataları ve Eksiklikleri.....	30
3.7. Yumuşak Kat Düzensizliği	34
4. BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEğERLENDİRİLMESİ	37
4.1. DBYBHY-2007’de Mevcut Binaların Deprem Performansının Değerlendirilmesi.	38
4.1.1. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	38
4.1.2. Betonarme Binaların Deprem Performansı	39
4.1.3 Deprem Etkisi.....	40
4.1.4. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile Belirlenmesi	40
4.3. FEMA-356’da yer alan plastik mafsallık zellikleri.....	41
5. SAYISAL UYGULAMA.....	43
5.1. Betonarme Binaların Görelilik Kat telenmelerinin Karşılaştırılması.....	47
5.1.1. Mod Birleştirme Yöntemi ile 5 Katlı Betonarme Binaların Analizi	47
5.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi ile 7 Katlı Betonarme Binaların Analizi	50
5.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile İtme Analizi.....	52
5.2.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile 5 Katlı Betonarme Binaların Analizi	55
5.2.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile 7 Katlı Betonarme Binaların Analizi	59
5.3. Asmolen Döşemeli 5 Katlı Betonarme Binanın Kolon Boyutlarının Arttırılması....	64
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR.....	69

ÖZGEÇMİŞ.....	73
---------------	----



ÖZET

Asmolen döşeme, inşa sırasında ve mimari açıdan sağladığı avantajlar nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu döşeme tipinin, sağladığı avantajlara karşın, betonarme binaların deprem performanslarını olumsuz etkileyecek dezavantajları da bulunmaktadır. Özellikle bu döşeme tipinde yaygın olarak kullanılan sığ kirişler, betonarme binaların yatay rijitliğinin azalmasına neden olmaktadır. Düşük rijitlik, bu binaların görelî kat ötelenmelerini ve depremlerde aldığı hasarları arttırmaktadır. Asmolen döşemelerin, yumuşak kat düzensizliği bulunan binalarda kullanılması durumunda, rijitlik daha da azalmakta ve görelî kat ötelenmeleri artmaktadır.

Yumuşak kat düzensizliği, düşük ötelenme rijitliğinden kaynaklanan ve binaların depremlerde ağır hasarlar almasına neden olan bir düzensizliktir. Bu düzensizlikle özellikle zemin katı ticari amaçlarla kullanılan binalarda karşılaşılmaktadır. Ticari verimliliği arttırmak için, binanın zemin katının üst katlardan daha yüksek tasarlanması durumunda, bu katta rijitlik düşmekte ve görelî kat ötelenmeleri artmaktadır.

Bu tez çalışmasında, yumuşak kat düzensizliği riski bulunan asmolen döşemeli betonarme binalar incelenmiştir. Bu amaçla asmolen döşemeli betonarme binalar, farklı zemin kat yüksekliklerinde tasarlanarak, sayısal analizleri yapılmıştır.

Bu çalışmada kirişli plak döşemeli betonarme binalar tasarlanarak asmolen döşemeli betonarme binalarla karşılaştırılmıştır.

Betonarme binaların öncelikle doğrusal elastik davranışları dikkate alınarak, Mod Birleştirme Yöntemi ile görelî kat ötelenmeleri elde edilmiştir. Asmolen döşemeli betonarme binalarda elde edilen büyük görelî kat ötelenme değerleri nedeniyle asmolen döşemeli betonarme binaların doğrusal olmayan analizlerinin yapılması gerektiği düşünülerek, doğrusal elastik olmayan davranış dikkate alınarak Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile bu binaların analizleri yapılmıştır. Analizler neticesinde, zemin kat yüksekliğindeki değişimin asmolen döşemeli betonarme binalar üzerine etkisi incelenmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, asmolen döşemeli betonarme binalarda zemin kat yüksekliğinin artması bina performansını olumsuz etkilemiştir. Ayrıca asmolen döşemeli betonarme binaların, kirişli plak döşemeli binalardan daha fazla görelî kat ötelenmelerine sahip oldukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Asmolen döşeme, yumuşak kat düzensizliği, kirişli plak döşeme, bina performansı

SUMMARY

Investigation of Soft Story Irregularity in Reinforced Concrete Buildings with Hollow Block Slab

Hollow block slab is commonly used because of its construction and architectural advantages. Contrary to its advantages, this slab type has some disadvantages that have negative effects on building performance. Specially, shallow beams that has widely used in hollow block slab type cause low lateral stiffness in reinforced concrete buildings. Low lateral stiffness increases interstory drift ratios and earthquake damages. In case of using of hollow block slab in building with soft story risk, lateral stiffness of building is additionally decreased and interstory drift ratios of building are increased.

Soft story is a irregularity that arises from low lateral stiffness and causes heavy building damages in earthquake. This irregularity is seen specially ground floors due to commercial reasons. For increasing commercial efficiency, increasing of ground story height decrease lateral stiffness and increase interstory drift ratios of ground story.

In this study, reinforced concrete buildings with hollow block slab that have soft story irregularity risk were investigated. For this purpose, reinforced concrete buildings with hollow block slab were designed with different ground story height. These buildings were analyzed numerically.

In this study, reinforced concrete buildings with slab-and-beam floor were designed and were compared with reinforced concrete buildings with hollow block slab.

Reinforced concrete buildings were firstly analyzed with Response Spectrum Analysis Method taking into linear behavior of building. Because of excessive interstory drift ratios of buildings with hollow block slab, buildings with hollow block slab were investigated taking into nonlinear behavior and these buildings were analyzed with pushover analysis. According to analysis result, effect of increasing ground story height on building with hollow block slab was investigated.

According to analysis result, increasing of ground story height of reinforced concrete buildings with hollow block slab have negative effect on building performance. Also it was seen that reinforced concrete buildings with hollow block slab have more interstory drift ratios than reinforced concrete buildings with slab-and-beam floor.

Keywords: Hollow block slab, soft story irregularity, slab-and-beam floor, building performance

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Geniş kiriş-kolon birleşim bölgesi (Benavent-Climent, 2009).....	8
Şekil 3.1 Betonarme döşemeler a) hurdi döşeme b) dal döşeme c) tek doğrultuda çalışan dişli döşeme d) iki doğrultuda çalışan dişli döşeme.....	13
Şekil 3.2 Kirişsiz döşeme sistemi ve tabla ve kolon başlığı kullanılması	14
Şekil 3.3 Nervür döşeme örneği	15
Şekil 3.4 Asmolen döşeme örneği	15
Şekil 3.5 Asmolen döşeme tasarım kuralları (TS 500,2000)	18
Şekil 3.6 Dişli döşemelerde, dişlerin genişleme biçimleri (Aka vd., 2001).	19
Şekil 3.7 Asmolen döşeme iç geniş kiriş-kolon birleşim bölgesi	22
Şekil 3.8 Asmolen döşeme kenar geniş kiriş-kolon birleşim bölgesi	22
Şekil 3.9 Asmolen döşeme geniş kiriş-kolon birleşim bölgesi	25
Şekil 3.10 Geniş kirişlerden kolona yük iletilmesi (Benavent-Climent, vd., 2010)	26
Şekil 3.11 Van Depreminde (2011) hasar almış asmolen döşemeli betonarme bir bina (Ince vd., 2018)	29
Şekil 3.12 Bingöl Depreminde (2003) hasar almış betonarme bir bina (Doğangün,2004).....	30
Şekil 3.13 Diyagonal çerçeve aksı.....	30
Şekil 3.14 Örnek bir geniş kiriş-kolon birleşim bölgesi	31
Şekil 3.15 Geniş kiriş-kolon birleşim bölgesi örneği	32
Şekil 3.16 Asmolen döşeme kat kalıp planı örneği 1	33
Şekil 3.17 Asmolen döşeme kat kalıp planı örneği 2	33
Şekil 3.18 Binalarda farklı dolgu duvar kullanımı ve zemin kat yüksekliğinin farklı olması	35
Şekil 5.1 Asmolen döşemeli betonarme binalara ait tipik kat kalıp planı	45
Şekil 5.2 Kirişli plak döşemeli betonarme binalara ait tipik kat kalıp planı	45
Şekil 5.3 SAP2000 programında 5 katlı bina modeli	47
Şekil 5.4 Asmolen döşemeli 5 katlı betonarme binaların görelî kat ötelenmeleri	48
Şekil 5.5 Zemin kat yüksekliği 3 m olan 5 katlı betonarme binaların görelî kat ötelenmeleri	49
Şekil 5.6 Asmolen döşemeli 7 katlı betonarme binaların görelî kat ötelenmeleri	50
Şekil 5.7 Zemin kat yüksekliği 3 m olan 7 katlı betonarme binaların görelî kat ötelenme değerleri	51
Şekil 5.8 SAP2000 programında tanımlanan kolon ve kiriş mafsalları	54
Şekil 5.9 Zemin kat yüksekliği 3 m olan 5 katlı asmolen döşemeli binanın X doğrultusunda kapasite eğrisi	55
Şekil 5.10 Zemin kat yüksekliği 3 m olan 5 katlı asmolen döşemeli binanın Y doğrultusunda kapasite eğrisi	56
Şekil 5.11 Zemin kat yüksekliği 4.5 m olan 5 katlı asmolen döşemeli binanın X doğrultusunda kapasite eğrisi	56
Şekil 5.12 Zemin kat yüksekliği 4.5 m olan 5 katlı asmolen döşemeli binanın Y doğrultusunda kapasite eğrisi	57
Şekil 5.13 Kiriş yüksekliği 50 cm olan 5 katlı kirişli plak döşemeli binanın kapasite eğrisi	57
Şekil 5.14 Kiriş yüksekliği 60 cm olan 5 katlı kirişli plak döşemeli binanın kapasite eğrisi	58
Şekil 5.15 Asmolen ve kirişli plak döşemeli 5 katlı betonarme binaların kapasite eğrileri	59
Şekil 5.16 Zemin kat yüksekliği 3 m olan 7 katlı asmolen döşemeli binanın X doğrultusunda kapasite eğrisi	60
Şekil 5.17 Zemin kat yüksekliği 3 m olan 7 katlı asmolen döşemeli binanın Y doğrultusunda kapasite eğrisi	60
Şekil 5.18 Zemin kat yüksekliği 4.5 m olan 7 katlı asmolen döşemeli binanın X doğrultusunda kapasite eğrisi	61
Şekil 5.19 Zemin kat yüksekliği 4.5 m olan 7 katlı asmolen döşemeli binanın Y doğrultusunda kapasite eğrisi	61
Şekil 5.20 Kiriş yüksekliği 50 cm olan 7 katlı kirişli plak döşemeli binanın kapasite eğrisi	62
Şekil 5.21 Kiriş yüksekliği 60 cm olan 7 katlı kirişli plak döşemeli binanın kapasite eğrisi	62
Şekil 5.22 Asmolen ve kirişli plak döşemeli 7 katlı betonarme binaların kapasite eğrileri	63
Şekil 5.23 Kolon boyutları arttırılmış binanın görelî kat ötelenmeleri	64
Şekil 5.24 Asmolen döşemeli 5 katlı betonarme binaların kapasite eğrileri	65

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 TS 500-2000 asmolen döşeme boyut ve donatı kuralları (TS 500, 2000)	18
Tablo 3.2. TS 500 Asmolen Döşeme toplam yükseklik kuralları (TS 500, 2000)	18
Tablo 3.3. Asmolen döşemeli binalar için deprem yönetmeliklerindeki tasarım kuralları	21
Tablo 3.4. Türkiye deprem yönetmeliklerinin kiriş genişliği için verilen tasarım koşulları	23
Tablo 3.5. Deprem yönetmeliklerde kullanılan kiriş genişliklerinin sınırı (Şahin ve Alyamaç, 2017).....	23
Tablo 4.1. Kirişlerin eğilme altındaki moment eğrilik ilişkisi (FEMA-356)	42
Tablo 4.2. Kolonların eğilme altındaki moment eğrilik ilişkisi (FEMA-356)	42
Tablo 5.1. Tasarlanan binaların malzeme özellikleri ve deprem karakteristikleri	44
Tablo 5.2. Asmolen döşeme boyutları (mm)	46
Tablo 5.3. 5 katlı betonarme binaların taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları	48
Tablo 5.4. 7 katlı betonarme binaların taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları	50
Tablo 5.5. Asmolen döşemeli 5 katlı, zemin kat yüksekliği 3 m olan betonarme binanın eşdeğer deprem yükü yönteminde katlara etki eden deprem kuvveti	53

SEMBOLLER LİSTESİ

A_o	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
b_c	: Kolon genişliği
b_w	: Kirişin gövde genişliği
e	: Asmolen döşeme dişler arası net mesafe
E_c	: Beton elastisite modülü
E_s	: Donatı elastisite modülü
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$	: Çatlamamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
h_c	: Kolon derinliği
h_k	: Kiriş yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
l_n	: Döşemenin serbest açıklığı
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
N_D	: Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon ve perelerde oluşan aksenal kuvvet
u	: Tepe yer değiştirmesi
V	: Kesme kuvveti
V_b	: Taban kesme kuvveti
t	: Dişli döşeme plak kalınlığı
T_A, T_B	: Spektrum Karakteristik Periyotları
η_{bi}	: i 'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
ρ	: Çekme donatısı oranı
ρ'	: Basınç donatısı oranı
ρ_b	: Dengeli donatı oranı

KISALTMALAR

ABYBHY-1968	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-1968
ABYBHY-1975	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-1975
ABYBHY-1998	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-1998
ATC-40	: Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings
DBYBHY-2007	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007
FEMA-356	: Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of Buildings
GÇ	: Göçme Sınırı
GV	: Güvenlik Sınırı
MN	: Minimum Hasar Sınırı
TS 500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Hesap Kuralları

1. GİRİŞ

Dişli döşemeler, küçük aralıklarla birbirine paralel olarak yerleştirilen, diş adı verilen küçük kirişlerden ve bu dişleri birbirine bağlayan ince bir plak tabakasından meydana gelmektedir. Dişli döşemeler, bir doğrultuda çalışan dişli döşemeler (nervür döşeme, asmolen döşeme) ve iki doğrultuda çalışan dişli döşeme olmak üzere iki tipte tasarlanmaktadır. Bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerde, döşeme dişlerinin arası boş bırakılarak (nervür döşeme) veya dolgu malzemeleriyle doldurularak, dolgulu dişli döşeme (asmolen döşeme) yapılabilir.

Asmolen döşemeler, inşa sırasında ve kullanımında sağladığı avantajlar sayesinde, Türkiye’de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu döşeme tipinde, düz bir tavan yüzeyinin elde edilmesi, kalıp maliyetini ve işçiliğini düşürmekte, binanın inşa süresini kısaltmaktadır. Ayrıca asmolen döşemeler, düz bir tavan yüzeyi sayesinde kat yüksekliklerinin etkili kullanılmasında ve mimari tasarım açısından özgürlük sağladığı için yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu döşeme tipinin sağladığı bu avantajların yanında, binanın deprem dayanımını olumsuz etkileyecek dezavantajları da bulunmaktadır.

Asmolen döşemelerde çerçeveler arasında kullanılan kirişler düz tavan yüzeyinin sağlanabilmesi için döşeme ile aynı yükseklikte seçilirler, bu durum yüksekliği düşük (sığ) kirişlerin kullanılması demektir. Türkiye’de asmolen döşemelerin diş yüksekliği, genellikle 300 mm ile 320 mm arasında tasarlanmaktadır (Sezen vd., 2000). Asmolen döşemelerde kullanılan bu sığ kirişler, binaların yatay ötelenme rijitliğinin düşük olmasına neden olmakta ve dolayısıyla deprem gibi yatay kuvvetler altında binaların görelî kat ötelenmelerini arttırmaktadır. Artan görelî kat ötelenmeleri, binaların deprem yüklemesi altında daha fazla hasar görmesine neden olmaktadır.

Betonarme binalarda oluşan düzensizlikler, binaların depreme karşı davranışını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle depreme dayanıklı bina tasarımı için bu düzensizliklerden kaçınılması gerekmektedir. Betonarme binalarda sıklıkla karşılaşılan ve depremlerde ağır hasarlara neden olan, yumuşak kat düzensizliği (komşu katlar arası rijitlik düzensizliği), komşu katlar arasındaki görelî kat ötelenmelerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu düzensizlik, genellikle zemin katı iş yeri olarak kullanılan binalarda görülmektedir. Çünkü bu binalarda ticari verimliliği artırmak amacıyla, zemin kat diğer katlara oranla

daha yüksek tasarlanmaktadır. Bu durumda binanın zemin kat rijitliği azalmaktadır (Ince, 2018; Işıık vd., 2016; Birol, 2010; Işıık, 2006). Ayrıca çoğunlukla konut olarak kullanılan bu binalarda üst katlarda yoğun olarak kullanılan dolgu duvarlar, zemin katta büyük oranda kaldırılmaktadır. Dolgu duvarlar bina rijitliğini arttırmaktadır (Öztürk, 2013; Karasu, 2011). Dolgu duvarların zemin katta kaldırılması durumunda deprem yüklemesi altında en fazla zorlanan zemin katlarda, ötelenme rijitliği düşmekte ve zemin kat tavan seviyesinde görelili kat ötelenmeleri artmaktadır. Yatay ötelenme rijitliği zayıf olan zemin kata sahip binalarda, sığ kirişlerden oluşan asmolen döşeme sisteminin kullanılması durumunda, bina rijitliği daha da azalmakta ve görelili kat ötelenmeleri artmaktadır. Türkiye’de yumuşak kat düzensizliği yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürde, betonarme binalarda yumuşak kat düzensizliğini inceleyen çalışmalara nispeten sıklıkla rastlansa da, bu düzensizliği asmolen döşemeli betonarme binalarda inceleyen çalışmalar çok kısıtlı kalmıştır. Bununla birlikte Türkiye’de asmolen döşemenin giderek daha fazla yaygın kullanımı, bu döşeme tipine sahip betonarme binalarda yumuşak kat düzensizliğinin incelenmesindeki gerekliliği göstermektedir. Bu incelemenin yapılmasında doğru yöntemin seçilmesi de çok önemli bir husustur.

Yapıların doğrusal elastik olan kuvvete dayalı analizlerinde, deprem kuvvetleri yapıda oluşacak hasarlar göz önüne alınmadan, yapının başlangıç durumundaki rijitliğine göre karşılanmaktadır. Bu yöntemlerin, şekil değiştirmelerin küçük kaldığı durumlarda uygun sonuçlar vermesine karşın, yapıdaki şekil değiştirmelerin büyük olması durumunda, doğrusal elastik yöntemlerin doğruluğu sorgulanmalıdır. Doğrusal elastik olmayan şekil değiştirmeye dayalı analizlerde, yapıların taşıyıcı elemanları başlangıçta elastik davranış göstermekte, yük taşıma kapasitesine ulaşan elemanlarda oluşacak hasarlar, yapı rijitliğini düşürerek daha gerçekçi sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır (Celep, 2017).

Yumuşak kat düzensizliği riskinin olduğu, özellikle asmolen döşemeli betonarme binalarda büyük görelili kat ötelenmeleri oluşması nedeniyle, şekil değiştirmeye dayalı analizlerin yapılması, bu binaların deprem etkisi altındaki davranışının daha doğru belirlenmesini sağlayacaktır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Asmolen döşemeli betonarme binaların giderek yaygın kullanımına rağmen, hakkında yeterli deneysel ve sayısal çalışmanın olmaması, bu döşeme tipine sahip betonarme

binaların depremlerde ağır hasarlar görmesi ve bu döşeme tipine sahip betonarme binalarda yumuşak kat düzensizliğiyle sıklıkla karşılaşılması, yapılan bu tez çalışmasının konusunun belirlenmesinde etkili olmuştur.

Bu tez çalışmasında asmolen döşemeli betonarme binalarda yumuşak kat düzensizliği sayısal olarak incelenmiştir. 5 ve 7 katlı asmolen döşemeli betonarme binalar farklı zemin kat yüksekliklerinde tasarlanarak, zemin kat yüksekliğindeki artışın binalarda oluşan görelî kat ötelenmelerine ve kapasite eğrilerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca asmolen döşemeli ve kirişli plak döşemeli betonarme binalar arasında karşılaştırma yapmak amacıyla, benzer özelliklere sahip kirişli plak döşemeli betonarme binalar tasarlanmıştır.

Betonarme binaların öncelikle doğrusal elastik davranışları dikkate alınarak, *Mod Birleştirme Yöntemi* ile analizleri yapılmış ve görelî kat ötelenmeleri elde edilip değerlendirilmiştir. Elde edilen büyük görelî kat ötelenme değerleri nedeniyle, asmolen döşemeli betonarme binaların şekil değiştirmeye dayalı doğrusal elastik olmayan analizlerinin yapılması uygun görülmüştür.

Betonarme binaların doğrusal elastik olmayan davranışları dikkate alınarak, *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ile analizleri yapılmış ve kapasite eğrileri elde edilerek değerlendirilmiştir.

1.2. Tezin Organizasyonu

Bu tez çalışması 6 bölümlen oluşmaktadır. Bu bölümlerin içerikleri hakkında genel bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

Bölüm 1’de, tez çalışması hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Ayrıca yapılacak çalışmanın amaç ve kapsamı bu bölümde tanımlanmıştır.

Bölüm 2’de, tezin konusu ile ilgili önceki çalışmalara yer verilmiştir. Asmolen döşeme ve yumuşak kat düzensizliği ile ilgili literatür özeti bu bölümde sunulmuştur.

Bölüm 3’de, asmolen döşeme tipi tanıtılarak, bu döşeme tipinin tasarımı hakkında bilgilere yer verilmiştir. Ayrıca bu bölümde asmolen döşemeli betonarme binaların deprem davranışları ve depremlerde aldıkları hasarlar anlatılmış ve yumuşak kat düzensizliği hakkında bilgilere yer verilmiştir.

Bölüm 4’de, betonarme binaların performansa dayalı tasarımı hakkında bilgiler verilmiştir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007’de (DBYBHY-2007) yer alan betonarme binaların deprem performanslarının değerlendirmesi hakkında verilen bilgiler özetlenmiştir.

Bölüm 5’de, tez çalışması kapsamında yapılan sayısal uygulamalara yer verilmiştir. Bu bölümde analizi yapılacak betonarme binalar tanıtılarak, bu binalara ait analiz sonuçları verilmiştir.

Bölüm 6’da, tez kapsamında yapılan analiz sonuçları özetlenerek verilmiştir. Ayrıca yapılan tez çalışmasından elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve asmolen döşemeli betonarme binalar için önerilerde bulunulmuştur.



2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Bu tez çalışmasında asmolen döşemeli betonarme binalar, yumuşak kat düzensizliği açısından incelenmiştir. Tez çalışmasının konusunu oluşturan asmolen döşeme ve yumuşak kat düzensizliği hakkında literatür özeti bu bölümde sunulmuştur. Asmolen döşemelerin yaygın kullanımına karşın, bu döşeme tipi üzerine yeterli deneysel ve sayısal çalışma bulunmamaktadır. Literatürde, yumuşak kat düzensizliğini inceleyen çalışmalara nispeten sıklıkla rastlansa da, bu düzensizliği asmolen döşemeli betonarme binalarda inceleyen çalışmalar çok sınırlı kalmıştır. Asmolen döşeme ile ilgili yapılan çalışmalar, asmolen döşemenin betonarme bina üzerine etkisinin incelenmesinin yanında, bu döşeme tipinde yaygın olarak kullanılan geniş ve sığ kirişler üzerine yapılmıştır. Bu nedenle aşağıda verilen literatür özetlerinde asmolen döşemelerin deprem davranışının daha iyi anlaşılabilmesi için geniş ve sığ kirişlerin deprem davranışlarına ait çalışmalara da yer verilmiştir.

Özdaş (2006) tarafından yapılan çalışmada, üç farklı analiz programı kullanılarak dışlı döşemeli betonarme binaların, artımsal itme analizleri yapılmıştır. Bu analizler neticesinde, analiz programlarının sonuçları arasında tolerans sınırlarını aşan farklar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada dolgu malzemesi ağırlığının betonarme bina üzerine etkisini incelemek amacıyla, dolgusuz ve dolgu malzemeli dışlı döşemeli (asmolen) betonarme binalar tasarlanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, dolgu malzemesinin, bina ağırlığını arttırması nedeniyle, asmolen döşemeli binaların yatay ötelenmelerinin önemli oranda arttığı belirlenmiştir. Bu nedenle, Özdaş (2006) asmolen döşemeli betonarme binalarda, hafif dolgu malzemelerinin kullanılmasını önermiştir.

Dönmez (2013) yaptığı çalışmada, asmolen döşemeli betonarme binaların tasarımında karşılaşılan eksikliklere değinmiştir, asmolen döşemeli betonarme binalarda karşılaşılan kesik ve/veya eğik çerçeve eksenleri, dış merkezli kolon-kiriş birleşimleri ve kiriş yüksekliğinin düşük olmasından kaynaklanan zayıf rijitliğe dikkat edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Asmolen döşemeli bir binanın performansının değerlendirilebilmesi için, DBYBHY-2007’de yer alan kurallara uygun simetrik, bir asmolen döşemeli betonarme bir bina tasarlanmıştır. Bu bina üzerinde yapılan performans analizinin sonucunda, binanın beklenen performans düzeyine ulaşmadığı belirtilmiştir. Çalışmada, asmolen döşemeli

betonarme binaların ötelenmelerinin sınırlandırılması ve mevcut uygulamada yapılan hatalardan kaçınılması gerektiği önerilmektedir.

Güngör (2014) tarafından yapılan çalışmada, sıg kirişli betonarme çerçevelerin, farklı kat adetleri için perdeli ve perdesiz olarak artımsal itme analizleri yapılmıştır. 4 katlı çerçevenin süneklilik düzeyi yüksek olarak tasarlanması durumunda iyi bir performans sağlandığı belirtilirken, 7 katlı çerçevenin ise yeterli düzeyde betonarme perde kullanılması durumunda iyi bir performans sağladığı ifade edilmiştir.

Ince vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, farklı zemin kat yüksekliğine ve farklı kat adedine sahip asmolen döşemeli betonarme binalar tasarlanmıştır. Tasarlanan binaların elastik davranışları dikkate alınarak mod birleştirme yöntemi ile görelî kat ötelenmeleri elde edilmiştir. Bu binalarda zemin kat yüksekliği arttıkça, zemin katta oluşan görelî kat ötelenmelerinin dolayısıyla yumuşak kat düzensizliği riskinin arttığı belirtilmiştir. Binalarda oluşan görelî kat ötelenmelerini düşürmek için, binalara betonarme perdeler eklenerek, görelî kat ötelenmelerinin önemli oranda azaldığı ifade edilmiştir. Ayrıca betonarme perdelerin zemin kat yüksekliğinin artışından kaynaklanan görelî kat ötelenme artışlarını önemli derecede sınırladığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda yumuşak kat düzensizliği riski bulunan asmolen döşemeli betonarme binalarda, zemin kat yüksekliğinin artışından meydana gelen görelî kat ötelenme artışını sınırlayabilmek için betonarme perde kullanılması önerilmektedir.

Hatamoto vd. (1991) geniş kirişler üzerine deneysel çalışmalar yaparak, kiriş genişliğinin kolon genişliğine oranını (b_w/b_c) ve kolon dışından geçen kiriş donatılarının miktarını incelemişlerdir. Deney sonuçlarına göre, b_w/b_c oranı arttıkça tüm kiriş donatılarının daha geç aktığı ve kiriş genişliği arttıkça, etkili kiriş genişliği oranının azaldığı tespit edilmiştir. Geniş kiriş-kolon birleşim bölgesinde, kirişin kolon dışından geçen kısmından, kolona aktarılan moment arttıkça, birleşim bölgesinin deprem enerjisi sönümleme kapasitesinin azaldığı belirtilmektedir. Kolon yüzeyinden uzaklaştıkça, kiriş donatılarındaki gerilmelerin azaldığı belirtilmiş ve çalışma sonunda $b_w/b_c \leq 2$ olması önerilmiştir. Ayrıca enine kirişdeki burulma direncinin, kolon-kiriş birleşim bölgesinin kapasitesi üzerinde etkili bir parametre olduğu belirtilmiştir. Enine kirişte oluşan burulmanın, geniş kirişin kolon dışından yani enine kirişten geçen boyuna donatı miktarına bağlı olduğu belirtilmiştir. Hatamoto vd. (1991) geniş kirişlerde b_w/b_c oranı arttıkça, kolon dışından geçen donatı miktarının dolayısıyla enine kirişte oluşan burulma etkisinin artacağını belirtmiştir. Geniş kiriş-kolon birleşim bölgesinin yeterli performans

gösterebilmesi için, kolon dışından geçen donatı miktarının enine kiriş deki burulma direnciyle sınırlandırılması önerilmiştir.

Gentry (1992) geniş kirişler üzerine yaptığı deneysel çalışmada, kiriş genişliğinin kolon genişliğine oranını (b_w/b_c) ve tüm geniş kiriş donatılarının, kolon içinden geçen donatılara oranını incelemiştir. Geniş kiriş-kolon birleşimlerinde, geniş kirişte plastik mafsallaşma oluşması sırasında, tüm kiriş boyuna donatılarının eşit miktarda uzama göstermediği, öncelikle geniş kirişin kolon içerisinden geçen donatıları akmanın başladığı ve daha sonra bu durum geniş kirişin dışına doğru yayıldığı belirtilmiştir. Geniş kiriş-kolon birleşimlerinde kiriş genişliği arttıkça, kirişin kolon dışından geçen donatıların daha geç akmaya başladığı belirtilmiştir. Kiriş-kolon birleşim bölgesinde, b_w/b_c oranındaki değişimin, kolon içindeki donatı oranını etkilediği ve donatıların kolon içine toplanmasıyla, enine kirişdeki burulmanın azalacağı belirtilmiştir. İç geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinde döşemenin enine kiriş deki burulmaya karşı, birleşim bölgesine destek olduğu belirtilmiştir. Dış kiriş-kolon birleşim bölgelerinde ise döşemenin birleşim bölgesine etkisinin azaldığı ve birleşim bölgesinin performansında daha az etkili olduğu belirtilmiştir. Geniş kiriş-kolon birleşimlerinde, enine kirişte meydana gelen burulma rijitliğini arttırarak, birleşim bölgesinin enine kirişdeki burulmadan kaynaklı dayanım kaybının önlenebileceği belirtilmiştir. Geniş kiriş-kolon birleşimlerinde, kolon dışından geçen geniş kiriş boyuna donatı miktarını sınırlanarak, kolon dışından geçen geniş kiriş boyuna donatıların aderanslarını artırılarak ve b_w/b_c oranını sınırlayarak, iyi performans elde edilebileceği belirtilmiştir.

Popov vd. (1992) tarafından yapılan deneysel çalışmada, iç geniş kiriş-kolon ve iç normal kiriş-kolon birleşimleri olarak incelenmiştir. Geniş kirişin kolon dışından geçen donatılarının, birleşim bölgesinin dayanımına ve deprem enerjisi sönümleme kapasitesine katkı sağladığı ifade edilmiştir. Enine kirişlerin, kolon dışından geçen geniş kiriş boyuna donatılarının, iyi davranış göstermesine katkı sağlayabileceği belirtilmiştir.

Lafave ve Wight (1999) tarafından yapılan deneysel çalışmada, dış geniş kiriş-kolon birleşim bölgeleri incelenmiştir. Çalışmada geniş kirişin plastik mafsallık bölgesinde (sıklaştırmalı bölge) yer alan etriye aralığı $d/2$ olarak tasarlanmış ve geniş kirişte kesme kuvvetinden dolayı bir hasar gözlenmemiştir. Geniş kiriş kolon birleşim bölgelerinde, kirişlerin genişliklerinin fazla olmasından dolayı kesme gerilmelerinin düşük olduğu ifade edilmiştir.

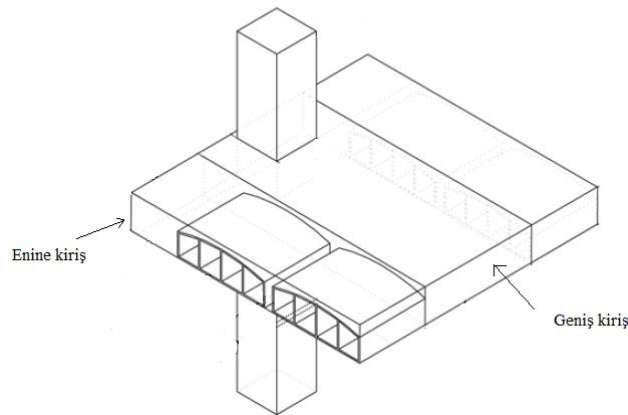
Quintero-Febres ve Wight (2001) tarafından yapılan deneysel çalışmada, iç geniş kiriş-kolon birleşim bölgeleri incelenmiştir. Bu çalışmada kolon içinden ve dışından geçen geniş kiriş boyuna donatılarının aderans durumlarının farklı olduğu belirtilmektedir. Ayrıca deneyler sonucunda, yönetmelikler tarafından kiriş sarılma bölgesindeki etriye aralığı için önerilen $d/4$ koşulunun $d/2$ 'ye çıkarılabileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada geniş kirişte oluşan plastik mafsallaşmanın, kolondan geniş kirişin dışına doğru yayılmasında, kolon dışındaki donatıların aderans koşullarının ve bu bölgenin etriye ile sarılıp sarılmadığının etkili parametreler olduğu belirtilmiştir.

Siah vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada, deneysel olarak iç geniş kiriş-kolon birleşim bölgeleri incelenmiştir. Enine kirişteki burulma çatlaklarının, birleşim bölgesinin performansı üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinde burulma nedeniyle oluşan çatlakları önlemek için, bir strateji önerilmiştir.

Benavent-Climent (2007) tarafından yapılan deneysel çalışmada, düşey yükler altında tasarlanan iç ve dış geniş kiriş-kolon birleşim bölgeleri sarsma tablası kullanılarak test edilmektedir. Geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinin, düşük yatay rijitlik gösterdikleri ve normal kiriş-kolon birleşim bölgelerinden daha düşük deprem enerjisi sönümleme kapasitesine sahip oldukları belirlenmiştir.

Benavent-Climent vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada, dış geniş kiriş-kolon birleşim bölgeleri deneysel olarak incelenmiştir. Enine kirişin, geniş kiriş-kolon birleşim bölgesinin yatay yükler altındaki performansı üzerinde, önemli etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Örnek bir geniş kiriş kolon birleşim bölgesi Şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1 Geniş kiriş-kolon birleşim bölgesi (Benavent-Climent, 2009)

Benavent-Climent vd. (2010) yaptıkları deneysel çalışmada, i geniş kiriş-kolon birleşim bölgesini incelemişlerdir. Deneyler sonucunda, birleşim bölgesinin başlıca enine kirişin yetersiz olmasından dolayı beklenen kapasitelerine ulaşmadıkları belirtilmiştir. Enine kirişin burulma direncinin birleşim bölgesinin performansı üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir. Deneyler sonucunda geniş kiriş-kolon birleşimlerinin düşük enerji sönümleme kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir.

şahin ve Alyamaç (2017) tarafından yapılan çalışmada, asmolen döşemeli betonarme binalarda kullanılan geniş kirişler hakkında genel bir literatür incelemesi yapılmıştır. Asmolen döşemeli betonarme binaların güvenli tasarımı için geniş kiriş-kolon birleşim bölgesinin önemli olduğu ve bu birleşim bölgelerinin deprem altındaki davranışının iyi bilinmesi gerektiği vurgulanmıştır. Geniş kirişlerin tasarımında; kiriş genişliğinden kaynaklanan, ereve kirişte oluşan burulma etkisinin, kiriş-kolon birleşim bölgesindeki donatıların aderansının, düşük deprem enerji sönümleme kapasitelerinin dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Işık (2006) dolgu duvarların ve farklı zemin kat yüksekliklerinin yapılar üzerine etkisini incelemiştir. Zemin kattaki dolgu duvar yüksekliğini, kademeli olarak arttırarak kısa kolon oluşumunu ve zemin kat yüksekliklerini arttırarak da yumuşak kat düzensizliğini incelemiştir. Çalışmada dolgu duvarların yapı rijitliğini arttırdığı, periyodunu kısalttığı, yatay yer değiştirmelerini azalttığı ve ayrıca yapıya etki eden taban kesme kuvvetini arttırdığı belirtilmiştir. Zemin kat yüksekliğinin artmasının, yer değiştirmeleri arttırdığı belirtilmiştir.

Altuntop (2007) yumuşak kat düzensizliğini incelemek amacıyla farklı kat adedine ve açıklığa sahip çerçevelerin doğrusal olmayan artımsal itme ve zaman tanım alanında analiz yöntemleri ile analizlerini yapmıştır. ereve sistemleri, farklı zemin kat yükseklikleri için incelenmiştir. Zemin kat yüksekliğindeki artışın çerçevenin dayanımını olumsuz etkilediği belirtilmiştir.

Birol (2010) yumuşak kat düzensizliğini incelemek amacıyla, farklı kat adetlerinde betonarme çerçeveleri, farklı zemin kat yüksekliklerinde tasarlamıştır. Zemin kat yüksekliğindeki artışın bina performansına etkisini incelemek amacıyla, doğrusal elastik eşdeğer deprem yükü yöntemi ile çerçevelerin analizlerini yapmıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasarlar incelendiğinde, zemin kat yüksekliğinin artmasıyla zemin kat kolonlarındaki hasar düzeyinin arttığı belirtilmiştir.

Karasu (2011) yumuşak kat düzensizliğini incelemek amacıyla, zemin kat yüksekliği st katların yüksekliğinden daha fazla olan betonarme bir binanın, farklı dolgu duvar durumları için performansını incelemiştir. Çalışmada betonarme binanın dolgu duvarlı, dolgu duvarsız ve sadece zemin katı dolgu duvarsız olmak üzere analizleri, doğrusal elastik eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analizleri yapılmıştır. Ayrıca doğrusal elastik olmayan davranışları da dikkate alınarak artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada dolgu duvarların, binanın kapasitesi ve yer değiştirmeleri üzerinde önemli etkisi olduğu belirtilmektedir.

Işık vd. (2016) yumuşak kat düzensizliğini incelemek amacıyla, farklı zemin kat yüksekliklerine sahip kirişli plak döşemeli betonarme binalar tasarlayarak, artımsal itme analizi yöntemi ile kapasite eğrilerini elde etmişlerdir. Betonarme binanın zemin kattaki yüksekliği arttıķķa, binanın taşıdığı taban kesme kuvvetlerinin azaldığı ve tepe yer değiştirme taleplerinin arttığı tespit edilmiştir.

Domínguez, vd. (2016), tarafından yapılan çalışmada 3 ve 6 katlı geniş kirişli betonarme binaların üç farklı duvar yoğunlukları için (duvarsız, düşük duvar yoğunluğu ve yüksek duvar yoğunluğu) sayısal analizleri yapılmıştır. Analizler neticesinde dolgu duvarların bina periyotlarını düşürdüğü belirlenmiştir. Ayrıca dolgu duvarlı olarak tasarlanan binaların, dolgu duvarlar ile birlikte çalışarak daha iyi davranış gösterdikleri belirtilmiştir.

3. ASMOLEN DÖŞEME

Tez çalışmasının bu bölümünde, betonarme binalarda kullanılan döşeme tipleri kısaca tanıtılarak, asmolen döşeme tipi detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Ayrıca asmolen döşeme tipine sahip betonarme binalarda yapılan uygulama eksikliklerine ve bu binalarda depremlerde oluşan hasarlara bu bölümde değinilmiştir

3.1. Betonarme Döşemeler

Betonarme döşemeler, üzerine etki eden düşey yükleri mesnetlendikleri kirişlere veya doğrudan kolonlara aktaran betonarme yapı elemanlarıdır. Döşemelerin bir diğer görevi de deprem sırasında, yatay deprem kuvvetlerini, düşey taşıyıcı elemanlara rijitlikleriyle orantılı dağıtmaktır. Betonarme döşemeler tasarım yöntemlerine göre; kirişli plak döşemeler, dişli döşemeler ve kirişsiz döşemeler olarak sınıflandırılırlar. Bu döşeme tipleri arasından yapı için en uygun olanı seçilerek tasarım yapılır. Bu seçim yapının kullanım amacı, mimari gereksinimler, döşemenin geçeceği açıklık ve düşey taşıyıcı elamanların konumları gibi parametreler göz önünde bulundurularak yapılır.

Betonarme döşeme çeşitleri;

- Kirişli Plak Döşemeler
 - Bir doğrultuda çalışan plak döşemeler (hurdi döşeme)
 - İki doğrultuda çalışan plak döşemeler (dal döşeme)
- Dişli Döşemeler
 - Bir doğrultuda çalışan dişli döşemeler (nervür, asmolen)
 - İki doğrultuda çalışan dişli döşemeler
- Kirişsiz Döşeme

3.1.1. Kirişli Plak Döşemeler

Üzerine gelen yükleri mesnetlendikleri kirişlere aktaran plaklardır. Plak döşemeler, uzun ve kısa kenarının bir birlerine oranına göre, üzerine etki eden yükleri bir veya iki doğrultuda taşıyan plak döşemeler olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Kirişli plak

döşemeler, diğer döşeme tiplerine kıyasla betonarme yapılarda en çok kullanılan döşeme tipidir (Celep, 2009).

Bir doğrultuda çalışan plak döşemeler: Uzun kenarının kısa kenarına oranı 2 den fazla olan ve üzerine etki eden yükü kısa doğrultuda mesnetlendikleri kirişlere aktaran plak döşemedir. Yükün büyük bölümü kısa kenar doğrultusunda taşındığı için uzun kenar doğrultusunda hesap yapılmayıp kısa doğrultu için hesaplanan donatı miktarının belirli bir oranı kullanılmaktadır (Şekil 3.1.a).

İki doğrultuda çalışan plak döşemeler: Uzun kenarının kısa kenarına oranı 2'ye eşit veya küçük olan, üzerine etki eden yükü iki doğrultuda taşıyan plak döşemelerdir (Şekil 3.1.b). Yük döşemenin uzun ve kısa kenarının bir birine oranına bağlı olarak kenarlara aktarılmaktadır. Uzun kenar/kısa kenar oranı büyüdükçe kısa kenar doğrultusunda taşınan yük artmaktadır. Bu tip döşemelerde düşey yükler iki doğrultuda taşındıkları için, kalınlığı daha az kesitlerle bir doğrultuda çalışan plak döşemelerle, aynı yük taşınabilir (Celep, 2009).

3.1.2. Dişli Döşemeler

Dişli döşemeler, birbirine paralel olarak, sık aralıklarda uzanan döşeme dişlerinden ve bu dişlerin birlikte çalışmasını sağlayan ince bir plak tabakasından oluşur. Bir doğrultuda çalışan döşemeler (nervür döşeme, asmolen döşeme) ve iki doğrultuda çalışan döşeme (kaset döşeme) olmak üzere iki tipte tasarlanmaktadır.

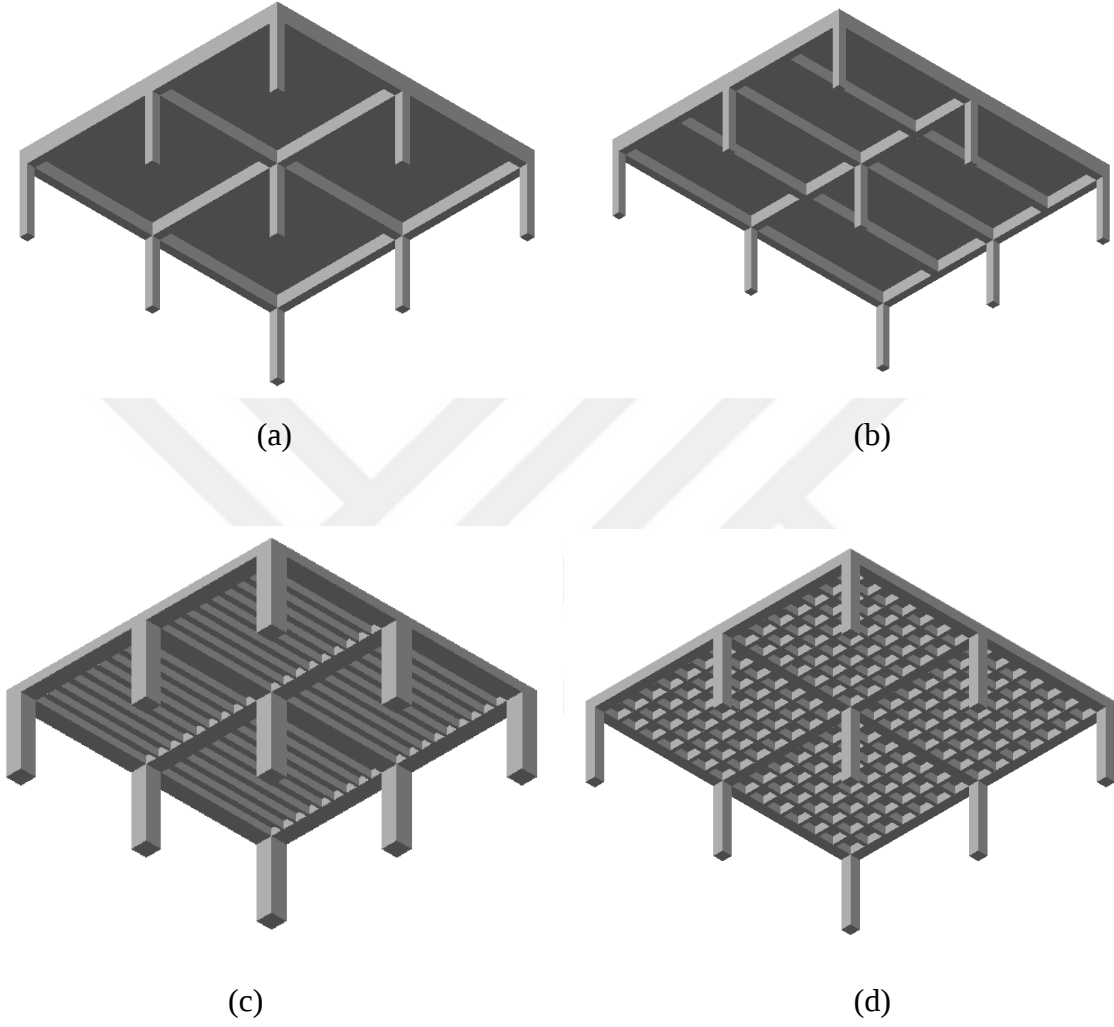
Bir doğrultuda çalışan dişli döşemeler: Dişler arası boş bırakılarak (*nervür döşeme*) veya dolgu malzemeleriyle doldurularak dolgulu dişli döşeme (*asmolen döşeme*) yapılabilir. Asmolen döşeme tipi daha sonraki bölümlerde daha ayrıntılı olarak anlatılacaktır (Şekil 3.1.c).

İki doğrultuda çalışan dişli döşemeler: Döşeme üzerine gelen yüklerin, birbirine dik iki doğrultuda bulunan dişler tarafından karşılandığı döşeme tipidir. Açıklıkların fazla olduğu yerlerde tercih edilebilirler (Şekil 3.1.d).

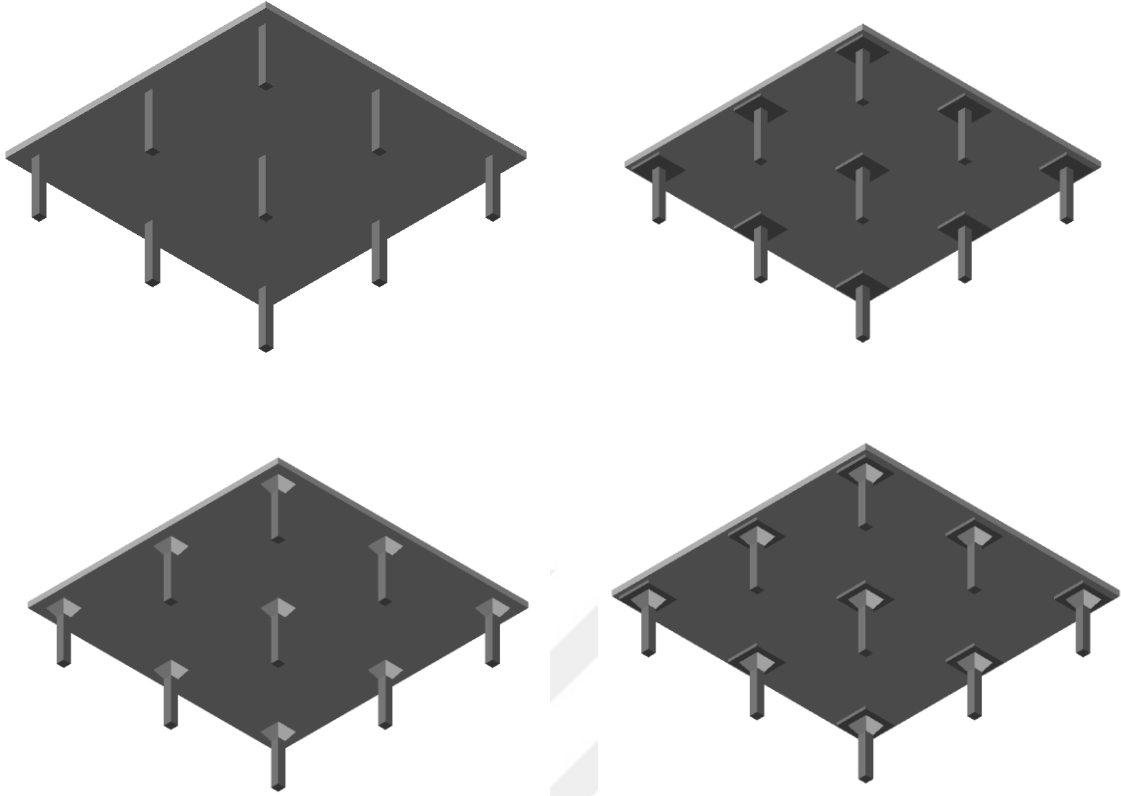
3.1.3. Kirişsiz Döşemeler

Döşeme yüklerinin doğrudan doğruya kolona aktarıldığı döşeme tipidir. Düz bir tavan sağladığı ve katlardaki faydalı yüksekliği arttırdığı için tercih edilirler. Bu döşemenin dezavantajlarından biri, döşeme yükleri taşırken döşemede oluşabilecek zımbalamadır. Bu

durumdan korunmak için kirişsiz döşemeler, Şekil 3.2’de gösterildiği gibi tablalı, başlıklı veya hem tablalı hem de başlıklı olacak şekilde, kolon çevresindeki döşeme kalınlığı artırılarak yapılabilirler (Celep, 2009).



Şekil 3.1 Betonarme döşemeler a) hurdi döşeme b) dal döşeme c) tek doğrultuda çalışan dişli döşeme d) iki doğrultuda çalışan dişli döşeme



Şekil 3.2 Kirişsiz döşeme sistemi ve tabla ve kolon başlığı kullanılması

3.2. Asmolen Döşeme

Bir doğrultuda çalışan dişli döşemeler; birbirine paralel olarak yerleştirilen, diş olarak adlandırılan küçük kirişlerden ve ince bir plak tabasından meydana gelmektedir. Bu döşeme tipinde, döşeme dişlerinin arası boş bırakılarak nervür döşeme (Şekil 3.3) veya dolgu malzemeleriyle doldurularak dolgulu dişli döşeme (asmolen döşeme) (Şekil 3.4) yapılmaktadır.



Şekil 3.3 Nervür döşeme örneği



Şekil 3.4 Asmolen döşeme örneği

Döşemenin geçeceği açıklık mesafesi arttıkça, kirişli plak döşeme tercih edilmesi durumunda, ağır ve ekonomik olmaktan uzaklaşan döşeme kalınlıkları ortaya çıkacaktır. Bu durumda dişli döşeme kullanılması uygun bir çözüm sunabilir (Doğangün, 2008). Dişli döşemelerde, dişlerin arasının boş kalması veya ağırlığı beton ağırlığına göre çok düşük dolgu malzemesi ile doldurulması, geçilecek büyük açıklığa oranla ağırlığın fazla olmamasını sağlar (Aka vd., 2001).

Nervür döşeme tipinde dişlerin arası boş bırakılmaktadır. Bunun sonucu olarak, döşeme ağırlığı azalmaktadır, fakat tavan yüzeyini artırdığı için kalıp, sıva ve işçilik maliyetini artmaktadır. Bu olumsuz durumlardan sakınmak amacıyla döşeme dişlerinin arası taşıyıcı özelliği olmayan dolgu malzemeleri (strafor, briket, gazbeton vb.) ile doldurulmaktadır. Bu dolgulu dişli döşeme tipi, *asmolen döşeme* olarak adlandırılır. Asmolen döşemelerde, dişler arası dolgu malzemesi ile doldurulduğu için düz bir tavan yüzeyi elde edilmektedir. Bu döşeme tipi, kat yüksekliğinin etkili kullanılmasına imkan vererek, estetik bir görünüme sahip olduğu ve iç mekân tasarımında özgürlük sağladığı için mimari açıdan yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu döşeme tipinin sağladığı mimari avantajlarına ek olarak, düz bir tavan yüzeyi sayesinde kalıp, sıva ve işçilik maliyetini düşürdüğü ve yapım süresini kısalttığı için, inşa aşamasında da sağladığı avantajlar bulunmaktadır.

Binaların kullanım amacına bağlı olarak, döşemede tesisat boşluğu veya mimari gereksinimler nedeniyle boşluk bırakılması gerekebilir. Asmolen döşemelerde, bu boşluklar kolaylıkla bırakılabilir. Eğer bırakılacak döşeme boşluğu küçük ise, dişler arasında bulunan ince plak tabakası kaldırılabilir veya daha büyük boşluğa ihtiyaç duyulursa döşeme dişlerinden biri kaldırılarak gerekli boşluk sağlanabilir. Ayrıca asmolen döşemelerde, dolgu malzemesinin kullanılması döşemenin ses ve ısı yalıtımında katkıda bulunmaktadır (Aka vd., 2001).

Asmolen döşemelerde, dişler arasında düz bir tavan yüzeyinin sağlanması için kullanılan dolgu malzemelerinin, döşemenin yük taşımasında bir katkısı bulunmamaktadır. Bu dolgu malzemesinin beton dökülürken dişlere kalıp görevi görmesi ve buna karşı dayanıklı olması yeterlidir (Aka vd., 2001). Dişler arasında kullanılan dolgu malzemesinin yapı ağırlığını arttırarak yapıda daha fazla düşey yük oluşturması, gelen deprem kuvvetinin artmasına neden olmakta ve yapıdaki görelî kat ötelenmelerini önemli oranda arttırmaktadır (Özdaş, 2006). Bu olumsuzlukları en aza indirmek için dolgu malzemesi mümkün olduğu kadar hafif malzemedir (strafor vb.) seçilmesi uygun olacaktır (Doğangün, 2008; Özdaş, 2006).

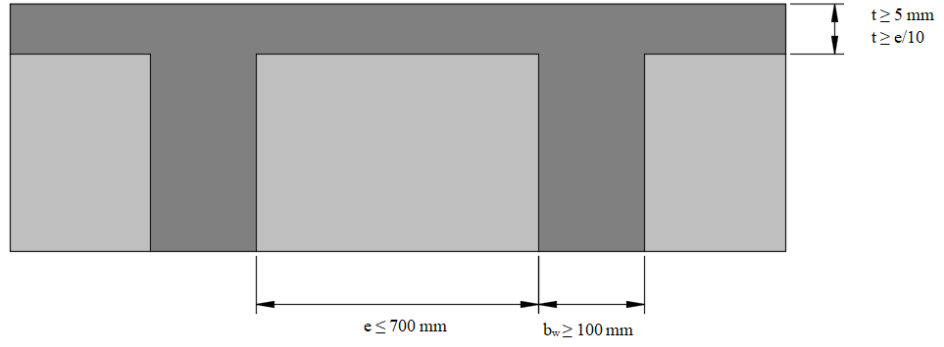
Asmolen döşeme, yukarıda sıralanan avantajları nedeniyle betonarme binalarda, yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat bu döşeme tipinin sağladığı bu avantajların yanında, özellikle sığ kiriş olarak adlandırılan, yüksekliği düşük çerçeve kirişlerin kullanılması nedeniyle, binaların deprem dayanımını olumsuz etkileyecek dezavantajları bulunmaktadır.

Asmolen döşemelerde çerçeve kirişler, düz tavan yüzeyinin sağlanabilmesi için genellikle döşeme ile aynı yükseklikte seçilirler. Bu durum yüksekliği düşük (sığ) çerçeve kirişlerinin tasarlanmasına neden olmaktadır. Sığ kirişlerin genişlikleri arttırılarak, düşük yüksekliğin neden olduğu zayıf rijitlik telafi edilmeye çalışılmaktadır. Fakat bu çaba genellikle yetersiz düzeyde kalmakta ve bu sığ kirişlere sahip asmolen döşemeli betonarme binaların yatay ötelenme rijitlikleri zayıf olmaktadır. Bu durum, binalarda oluşan görelî kat ötelenmesinin artmasına ve 2. mertebe etkileriyle binalardaki hasarların artmasına neden olmaktadır (Ersoy, 1995).

Sığ kirişlerin genişlikleri çoğu zaman kolon genişliğinden fazla olmaktadır. Bu durumda sığ ve geniş kirişlerde düşük rijitliğe ilaveten, kiriş genişliğinden kaynaklanan ve binanın deprem performansını olumsuz etkileyecek sorunlar oluşmaktadır. Deprem yüklemesi gibi yatay yükleme altında, geniş ve sığ kirişlerin kapasitelerini olumsuz etkileyen etkiler, ileriki başlıklarda ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

3.3 Asmolen Döşeme Tasarımı

Türkiye’de asmolen döşemenin tasarımı, TS 500-2000 (*Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*) ve DBYBHY-2007 (*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*) esas alınarak yapılmaktadır. TS 500-2000, asmolen döşemeyi oluşturan elemanların (diş yüksekliği ve genişliği, dişler arası mesafe, plak kalınlığı, döşeme donatıları) tasarımı ile ilgili kurallar vermektedir (Şekil 3.5). DBYBHY-2007 ise daha çok asmolen döşemeli betonarme binaların, taşıyıcı sistemi hakkında tasarım koşullarını vermektedir (TS 500, 2000; DBYBHY, 2007).



Şekil 3.5 Asmolen döşeme tasarım kuralları (TS 500,2000).

TS 500-2000’de asmolen döşemelerin dış yüksekliği (h), plak kalınlığı (t), dışlar arası mesafe (e), dış genişliği (b_w), dışlar içerisinde ve plak içerisinde kullanılacak donatılar ile ilgili kurallar Tablo 3.1 de verilmektedir (TS 500, 2000).

Tablo 3.1 TS 500-2000 asmolen döşeme boyut ve donatı kuralları (TS 500, 2000)

Dışlar arasındaki serbest açıklık (e)	$\leq$	700 mm
Dış genişliği (b_w)	$\geq$	100 mm
Döşeme tabla (plak) kalınlığı (t)	$\geq$	$e/10$ 50 mm
Dış için etriye aralığı	$\leq$	250 mm
Plakta her bir doğrultudaki dağıtma donatısı oranı	$\geq$	0,0015
Dağıtma donatısı aralığı	$\leq$	250 mm

Asmolen döşemelerde dış yüksekliğinin belirlenmesinde TS 500-2000, taşıma gücü ve kullanılabilirlik durumunu (sehim) dikkate alarak iki farklı tasarım limiti önermektedir (Tablo 3.2).

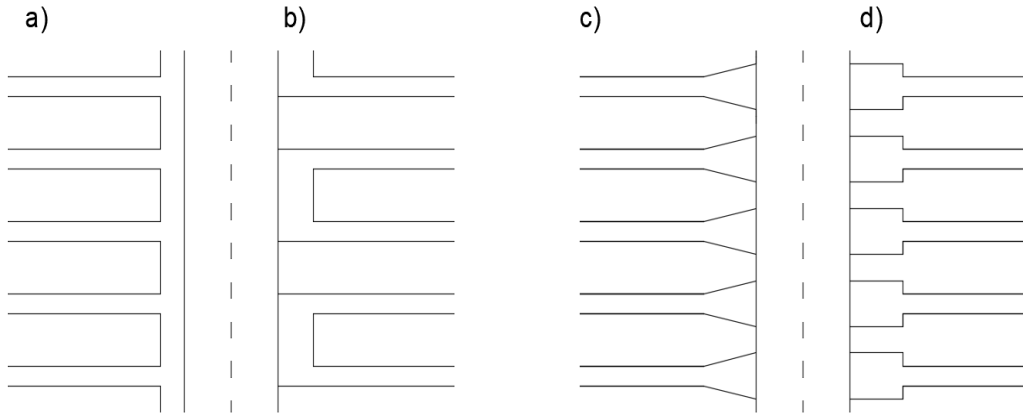
Tablo 3.2. TS 500 Asmolen Döşeme toplam yükseklik kuralları (TS 500, 2000)

		Basit mesnetli bir açıklık	Sürekli döşemeler		Konsol döşemeler
			Kenar açıklık	İç açıklık	
Toplam dış yüksekliği (plakla birlikte)	Sehim hesabı gerektirmeyen yükseklik	$l_n/15$	$l_n/18$	$l_n/20$	$l_n/8$
	Minimum yükseklik	$l_n/20$	$l_n/25$		$l_n/10$

TS 500-2000 asmolen döşemelerin geçeceği açıklık mesafesinin 4 m'den büyük olması durumunda, dışların beraber çalışmasını sağlamak ve enine doğrultudaki yükleri dağıtmak için taşıyıcı dışlara dik doğrultuda, enine dışların yapılmasını önermiştir. 4-7 m açıklığa sahip döşemelerde 1 tane, 7 m'den büyük açıklıklarda ise 2 tane enine dış yapılmasını önermektedir. Enine dışların boyut ve donatıları en az taşıyıcı dışlar kadar olmalıdır (TS 500, 2000).

Araştırmacılar tarafından, asmolen döşemenin dış tasarımı ile ilgili yönetmeliklerde bulunmayan farklı tasarım hususları da önerilmiştir. Örneğin Aka vd. (2001) döşeme dışlarında mesnet momentlerinin fazla olması durumunda, tüm döşeme boyunca dış yüksekliğini veya genişliğini arttırmak yerine, dışların sadece mesnetlendiği kirişe yaklaştığı bölgelerde dış genişlikleri arttırılabileceğini belirtmişlerdir. Şekil 3.6'da asmolen döşemelerde dışlar için farklı genişletme yöntemleri gösterilmiştir ve aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir (Aka vd., 2001).

- a) Dışların arası, kirişe yakın bölgede beton ile doldurulabilir (Şekil 3.6.a).
- b) Birer sıra arayla dışların arası beton ile doldurulabilir (Şekil 3.6.b).
- c) Dışların iki yanına guse yapılabilir (Şekil 3.6.c).
- d) Dışların mesnete yakın bölgede genişliği arttırılabilir (Şekil 3.6.d).



Şekil 3.6 Dışli döşemelerde, dışların genişleme biçimleri (Aka vd., 2001).

DBYBHY-2007'de asmolen döşemelerin tasarımı hakkında plak kalınlığının 50 mm den az olmaması ve kiriş genişliğinin (b_w); kiriş yüksekliği (h_k) ve kirişin birleştiği kolonun kirişe dik olan genişliğinin (b_c) toplamından küçük olması şartı bulunmaktadır. Türkiye'de kullanılan deprem yönetmeliklerinde, asmolen döşemelerin boyut ve donatı kurallarından ziyade, asmolen döşemeli betonarme binalar ve bu binaların taşıyıcı sistemleri hakkında

tasarım kuralları bulunmaktadır. Bu tasarım kurallarının belirlenmesinde, yaşanan depremlerin önemli rolü olmuştur ve deprem yönetmeliklerinin değişmesiyle bu kurallarda değişim göstermiştir. Örneğin 1967 Adapazarı Depreminde asmolen döşemeli yapılarda oluşan ağır hasarlar nedeniyle, 1968’de yürürlüğe giren Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1968), 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde asmolen döşemeli betonarme binaların yapımını yasaklamıştır (ABYYHY, 1968).

1975 yılında yürürlüğe giren ve uzun yıllar uygulanan ABYYHY-1975, asmolen döşemelerin deprem bölgelerinde yapılmasına izin vermiş ama deprem bölgesine göre, yapı yüksekliklerinin belli sınırları geçmesi durumunda yapıda betonarme perdelerin kullanılması şartını getirmiştir (ABYYHY, 1975).

ABYBHY-1998 ve DBYBHY-2007, binadaki kolonların, kirişlerin ve kolon kiriş birleşim bölgelerinin yüksek süneklilikte tasarlanması koşuluyla asmolen döşemeli betonarme binaların, deprem bölgelerinde yapılmasına izin vermiştir. Bu şartların sağlanmaması durumunda ise bu sistemleri, süneklilik düzeyi normal sistemler olarak değerlendirmiş ve asmolen döşemeli betonarme binaların betonarme perde kullanılmaması durumunda, sadece üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ve toplam bina yüksekliği $H_N \leq 13$ m olmak koşulu ile yapılabileceği belirtilmiştir (DBYBHY, 1998; DBYBHY, 2007).

Tarihi süreçte değişen bu tasarım kuralları arasındaki farkın daha iyi görülebilmesi için Tablo 3.3 de Ülkemizde uygulanan yönetmeliklerde asmolen döşeme hakkında bulunan koşullar toplu olarak verilmiştir.

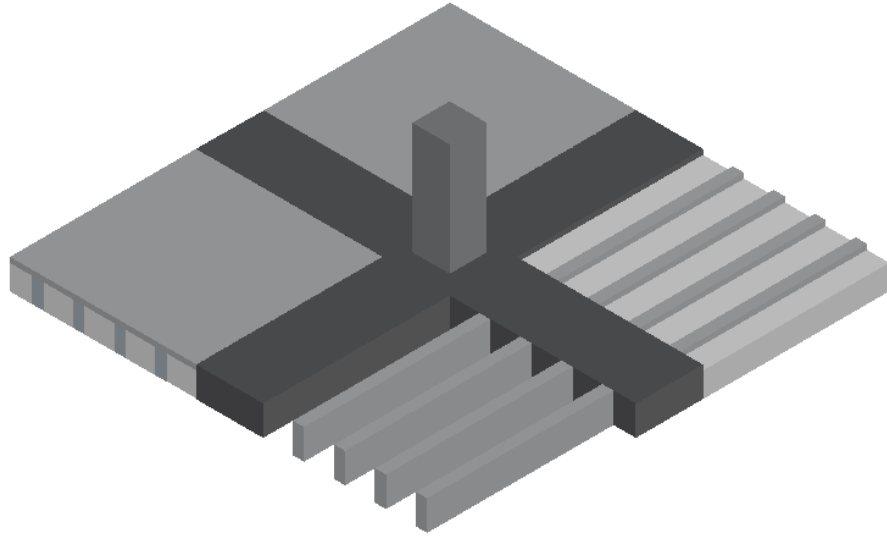
Tablo 3.3. Asmolen döşemeli binalar için deprem yönetmeliklerindeki tasarım kuralları

Yönetmelik	Asmolen Yapı Kuralları
ABYBHY-1968	1. ve 2. derece deprem bölgelerinde asmolen döşeme yapılamaz.
ABYBHY-1975	Temel üst yüksekliği, 1.Derece deprem bölgelerinde 12.00m. 2.Derece deprem bölgelerinde 15.00m. 3.Derece deprem bölgelerinde 18.00m. 4. Derece deprem bölgelerinde 21.00m. Yüksekliğinden fazla binalarda betonarme perdeler yapılmalıdır.
ABYBHY-1998 ve DBYBHY-2007	Kolon, kiriş ve kolon kiriş birleşim bölgelerinin yüksek süneklilikte tasarlanmaması durumunda asmolen döşemeli binalar, süneklilik düzeyi normal sistemler olarak değerlendirilerek, betonarme perde kullanılmaması durumunda, sadece 3. ve 4. derece deprem bölgelerinde ve $H_N \leq 13$ m olarak tasarlanabilecektir.

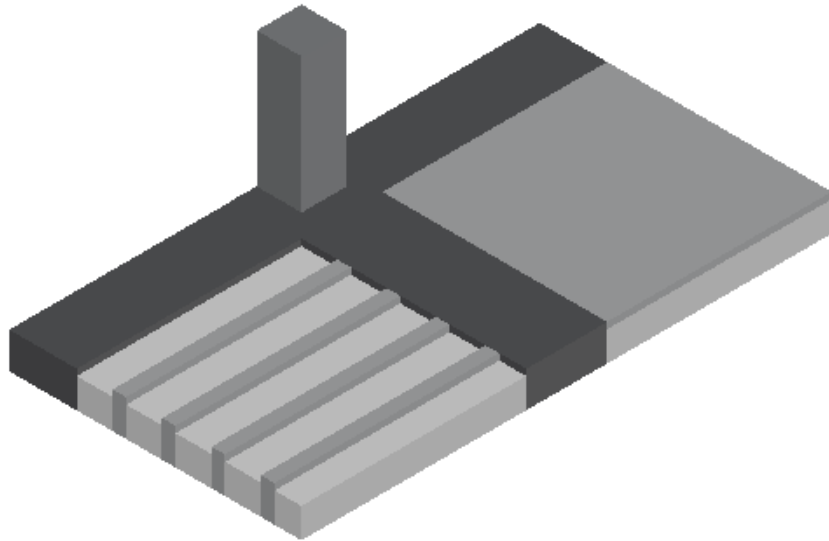
Asmolen döşemeli betonarme binaların deprem davranışında, geniş ve sık kirişler oldukça etkilidir. Mimari tasarım ve inşaa açısından büyük kolaylıklar sağlayan geniş ve sık çerçeve kirişler, binanın deprem davranışı açısından sakıncalı durumların ortaya çıkmasına neden olabilir. Depreme dayanıklı asmolen bina tasarımı için geniş ve sık kirişlerin deprem yüklemesi altındaki davranışlarının iyi bir şekilde bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla, geniş ve sık kirişlerin deprem davranışı, ayrı bir başlık altında ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

3.4. Geniş ve Sık Kirişlerin Deprem Davranışı

Asmolen döşemeli betonarme binalarda, düz tavan yüzeyinin sağlanabilmesi amacıyla çerçeve kirişler, döşeme dişleriyle aynı yükseklikte tasarlanır (sık kirişler). Çerçeve kirişlerin yüksekliklerinin az olması, bu kirişlerin deprem kuvvetlerini kolonlar arasında güvenli bir şekilde iletmesinde yetersiz kalmasına neden olmakta ve kirişlerde bu durumu telafi etmeye çalışmak için kiriş genişliği artırılmaktadır, hatta yaygın karşılaşılan bir durum olarak kiriş genişliği kolon genişliğini geçmektedir (Şekil 3.7-3.8).



Şekil 3.7 Asmolen döşeme iç geniş kiriş-kolon birleşim bölgesi



Şekil 3.8 Asmolen döşeme kenar geniş kiriş-kolon birleşim bölgesi

Asmolen döşeme tipinde yaygın olarak kullanılan geniş ve sık kirişlerin, deprem yükleri altındaki performansı tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle bazı ülke yönetmelikleri geniş ve sık kirişlerin deprem bölgelerinde kullanımında, bazı sınırlamalar getirmiş veya kullanımını yasaklamıştır (Gentry, 1992; Benavent-Climent vd., 2010).

Türkiye’de kullanılan deprem yönetmeliklerinde de kiriş genişliklerinde sınırlamalar yapılmıştır. Tablo 3.4’de Türkiye’de tarihsel süreç içerisinde kullanılan deprem

yönetmeliklerinin, çerçeve kirişlerin genişlikleri için verdikleri sınır şartlar gösterilmektedir.

Tablo 3.4. Türkiye deprem yönetmeliklerinin kiriş genişliği için verilen tasarım koşulları

Yönetmelik	Kiriş genişliği sınırlaması
ABYBHY-1968	Kiriş genişliği hakkında bir sınırlama bulunmamaktadır.
ABYBHY-1975	$b_w \leq b_c + 1.5h_k$
ABYBHY-1998	$b_w \leq b_c + h_k$
DBYBHY-2007	$b_w \leq b_c + h_k$

Türkiye’de kullanılan deprem yönetmeliklerinde kiriş genişliği için sınırlama yapılırken, kirişin yüksekliği ve kirişin saplandığı kolonun kirişe dik genişliği dikkate alınmaktadır. Ancak Tablo 3.5’den görülebileceği gibi bazı diğer ülke deprem yönetmelikleri, kiriş genişliğinde sınırlama yaparken kirişin saplandığı kolonun kirişe paralel boyutunu da dikkate almaktadır.

Tablo 3.5. Deprem yönetmeliklerde kullanılan kiriş genişliklerinin sınırı (Şahin ve Alyamaç, 2017)

Ülke	Yönetmelik	Kiriş genişliği şartı
ABD	ACI-352-91	Deprem bölgelerinde geniş kiriş kullanılmasını yasaklamıştır.
ABD	ACI-318-95 ACI-318-99	$b_w \leq (b_c + 1.5h_k)$
ABD	ACI-318-05 ACI-318-08	$b_w \leq \min\{ b_c + 1.5h_c; 3b_c \}$
İspanya	NCSE-94	Maksimum zemin ivmesinin, yerçekimi ivmesinden 0.16 kat büyük olduğu deprem bölgelerinde yasaklamıştır.
İspanya	NCSE-02	$b_w \leq (b_c + h_k)$
Yeni Zelanda	NZS3101-85	Deprem bölgelerinde geniş kiriş kullanılmamasını yasaklamıştır.
Yeni Zelanda	NZS3101-95	$b_w \leq \min\{ b_c + 0.5h_c; 2b_c \}$
Avrupa	EN 1998-1	$b_w \leq \min\{ b_c + h_k; 2b_c \}$

Geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinde, kiriş genişliğinin sınırlandırılması ile bu kirişlerde deprem kuvvetleri altında oluşan olumsuzluklar engellemeye çalışılmaktadır. Optimum kiriş genişliği sınırının bulunması için daha fazla deneysel ve sayısal çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Normal kiriş-kolon birleşimlerinde, kiriş genişliği (b_w) kolon genişliğinden (b_c) daha az veya eşittir, dolayısıyla bu durumda kirişteki boyuna donatıların tümü kolon içerisinden geçmektedir. Geniş kirişlerde ise kiriş genişliği (b_w) kolon genişliğinden (b_c) fazladır. Bu durum düşük rijitliğe sahip olan kirişlerde, yatay yüklemeler altında kiriş tarafından taşınan momentin kolona iletilmesinde sorunlara ve kirişlerin düşük deprem enerjisi sönmleme kapasitesine sahip olmalarına neden olmaktadır (Benavent-Climent vd., 2010; Hatamoto vd., 1991).

Geniş ve sığ kirişler ile oluşturulan asmolon döşemeli betonarme binalarda, oluşan düşük yatay ötelenme rijitliğine ilaveten, geniş kiriş-kolon birleşimlerinin deprem kuvvetleri etkinde göstereceği performansı olumsuz etkileyen parametreler aşağıda maddeler halinde sıralanmaktadır;

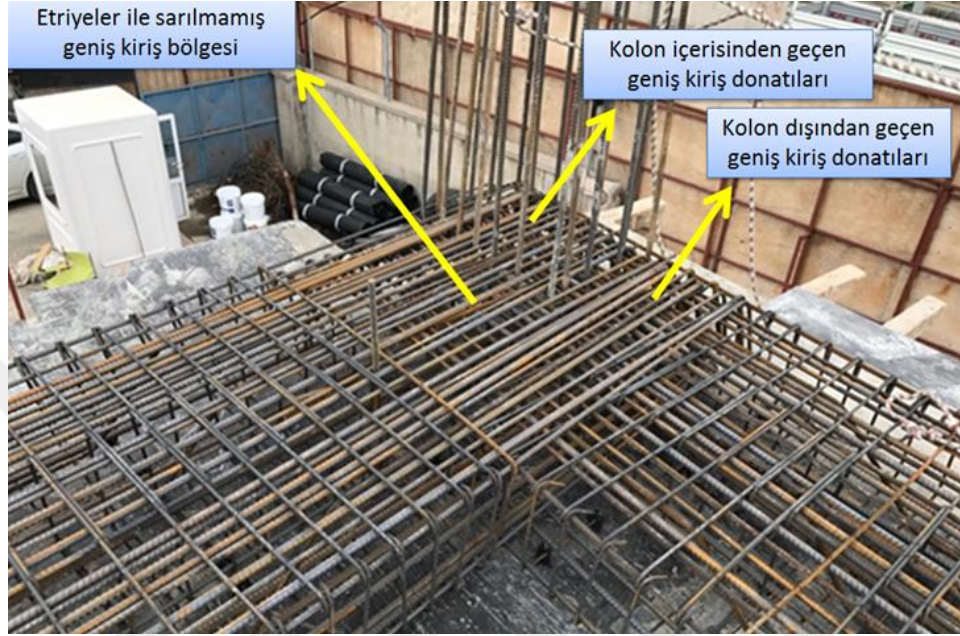
- Geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinde, kolon dışından geçen kiriş boyuna donatıları yüklerini kolona enine kirişlerde oluşan burulma ile iletebilmektedir (Benavent-Climent, 2010; Hatamoto, 1991; Gentry, 1992).
- Geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinde, kolon dışından geçen kiriş donatıları, kolon içerisinden geçenlerden daha zayıf aderansa sahiptir (Quintero-Febres ve Wight, 2001).
- Geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinde, deprem kuvvetleri altında, kirişlerin deprem enerjisi sönmleme kapasitesi düşüktür (Benavent-Climent, 2007).

Geniş ve sığ kirişlerin neden olduğu bu olumsuzluklarının yanında, statik açıdan sağladıkları avantajlarda mevcuttur;

- Geniş ve sığ kirişli birleşim bölgelerinde, kirişlerdeki düşük rijitlik nedeniyle, güçlü kolon-zayıf kiriş şartı çoğunlukla sağlanmaktadır.
- Geniş ve sığ kirişli birleşim bölgelerinde, kolon dışında yer alan kiriş parçalarının kesmeye katkı sağlaması ve bunun tasarımda ihmal edilmesi nedeniyle kesme kırılmalarına karşı güvenli tarafta kalınmaktadır (Gentry, 1992).

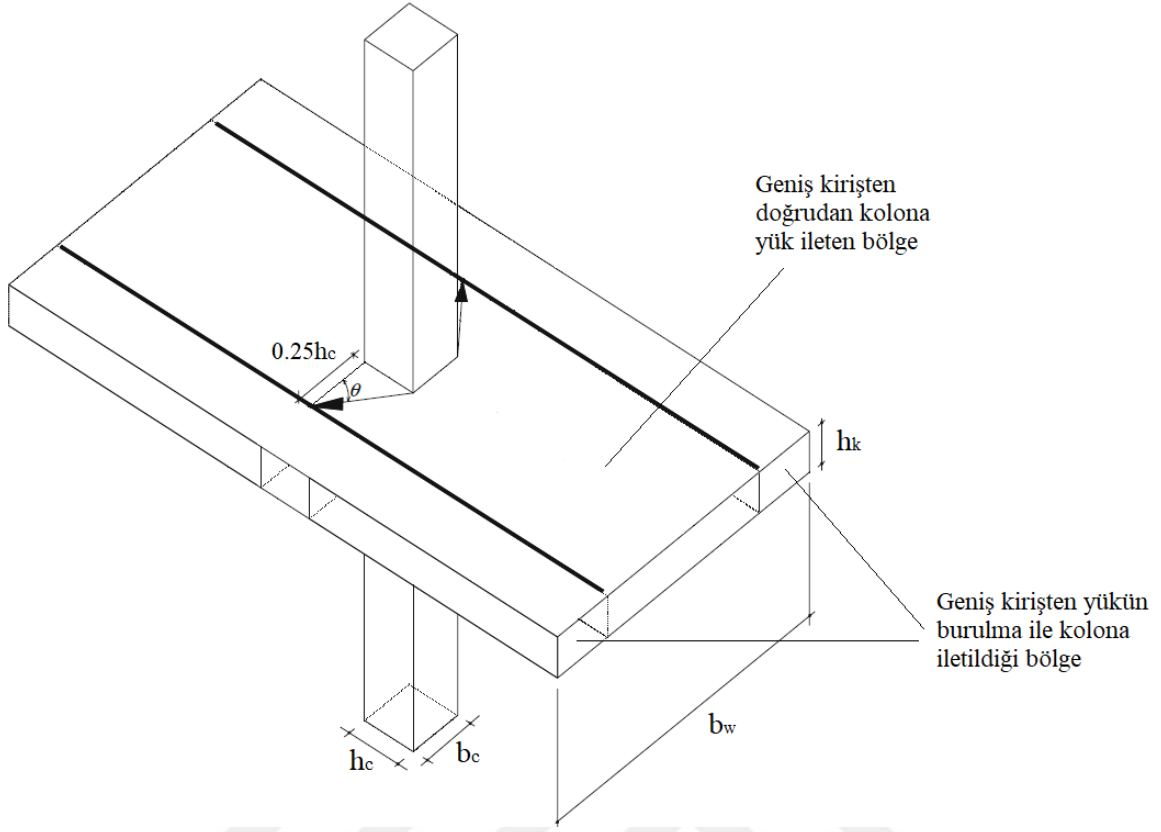
Bu konular sonraki bölümlerde daha ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

Şekil 3.9 incelendiğinde, kolona saplanan iki kirişin de tüm donatılarının kolondan geçmediği görülmektedir. Ayrıca birleşim bölgesinde etriyelerle sarılmayan bir bölgenin bulunduğu ve kiriş donatılarının önemli bir kısmının bu bölgeden geçtiği görülmektedir.



Şekil 3.9 Asmolen döşeme geniş kiriş-kolon birleşim bölgesi

Geniş kiriş-kolon birleşimlerinde yük iletimi iki bölümden oluşmaktadır. Geniş kirişin, kolon içerisinden geçen donatıları yüklerini kolona doğrudan aktarabilirken, kolon dışından yani enine kiriş içerisinden geçen donatıları ise yüklerini kolona burulma yoluyla iletmektedir. Fakat geniş kiriş-kolon birleşim bölgesinde, geniş kiriş donatılarının etriyelerle sarılması durumunda, kolonun her iki yanından kirişin saplandığı kolonun kirişe paralel boyutunun 0.25 katı mesafede kiriş donatıları yüklerini saplandıkları kolona doğrudan iletebilmektedirler (Şekil 3.10) (Şahin ve Alyamaç, 2017; Benavent-Climent, vd., 2010; Siah, W.L. vd., 2003).



Şekil 3.10 Geniş kirişlerden kolona yük iletilmesi (Benavent-Climent, vd., 2010)

3.4.1. Geniş Kiriş-Kolon Birleşim Bölgelerinde Burulma

Geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinde, kolonun içerisinde geçen kiriş donatıları yüklerini kolona doğrudan iletebilmektedir. Fakat kolon dışından geçen kiriş donatıları, kolona yüklerini iletirken enine kirişte burulmaya neden olmaktadır. Birleşim bölgesinin tasarım esnasında hedeflenen performansı gösterebilmesi için enine kirişin bu burulmaya karşı yeterli rijitliğe sahip olması gerekmektedir (Hatamoto, 1991; Gentry, 1992).

3.4.2. Geniş Kiriş-Kolon Birleşim Bölgesinde Aderans Durumu

Geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinde, kolon içerisinde geçen kiriş donatıları, etriye ile sarılmış olan kolon çekirdeği içerisinde geçerken, kolon dışından geçen kiriş donatıları ise genellikle bir sargı etkisi bulunmamaktadır (Şekil 3.9). Yapılan çalışmalarda kolon dışından geçen boyuna donatılar kolon içinden geçenlere göre daha hızlı aderans kaybı gösterdiği belirtilmektedir. Ayrıca, kolon içinden ve dışından geçen kiriş donatılarının

aderans koşullarının farklı olduğu ve bu yüzden farklı aderans şartlarının bunlar için uygulanabileceği belirtilmektedir (Quintero-Febres ve Wight, 2001).

3.4.3. Geniş Kirişlerde Enerji Sönümleme Kapasitesi

Geniş-kiriş kolon birleşim bölgelerinde, kolon dışından geçen kiriş boyuna donatılarının zayıf aderans koşullarına sahip olması, enine kirişte burulma çatlakları oluşması durumunda bu donatılarda akma olmaması veya kiriş geniş genişliğinin fazla olmasından dolayı kolon dışından geçen donatılarda akma olmaması nedeniyle, geniş kiriş-kolon birleşimlerinin deprem enerjisi sönümleme kapasitesi genellikle normal birleşimlerden düşüktür (Benavent-Climent, 2007).

3.4.4. Geniş Kirişlerde Kesme Kuvvet Dayanımı

Normal kiriş-kolon birleşim bölgelerinde kiriş genişliği kolon genişliğine eşit veya daha küçüktür, bu birleşim bölgesinin kesme dayanımı hesaplanırken kiriş genişliği hesaplarda kullanılır. Fakat geniş kirişlerde kesme kuvveti dayanımı hesaplanırken kiriş genişliği yerine kolon genişliği hesaba katılır (DBYBHY-2007). Geniş kirişlerde kolonun dışında kalan kiriş parçaları da kesme kuvvetine karşı çalışmaktadır (Quintero-Febres ve Wight, 2001), bu durumda hesaplanan kesme kuvveti dayanımı, gerçek kesme kuvveti dayanımı değerinden daha düşük olmaktadır. Yapılan çalışmalarda, geniş kirişlerdeki etriye aralıkları $d/2$ iken geniş kirişlerin kesme kuvvetine karşı yeterli performans gösterdiği yani plastik mafsallaşma bölgesinde (sarılma bölgesi) kesme hasarı oluşmadığı görülmüştür ve bu bölgede etriye aralıklarının arttırılabileceği belirtilmektedir (Gentry, 1992; LaFave ve Wight, 1999; Quintero-Febres ve Wight, 2001).

3.4.5. Geniş ve Sığ Kirişli Birleşim Bölgelerinde Güçlü Kolon- Zayıf Kiriş Durumu

Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde, deprem kuvvetleri etkisinde, hasarların kolonlar yerine kirişlerde olması istenen bir durumdur. Bu amaçla kolonlar kirişlerden daha güçlü tasarlanarak hasarların kirişlerde olması sağlanır. Güçlü kolon-zayıf kiriş şartı için, bir birleşim bölgesinde kolonların taşıma gücü momentleri toplamı, kirişlerin kolon yüzündeki taşıma gücü momentlerinin toplamından en az %20 fazla olmalıdır (DBYBHY-2007). Geniş ve sığ kirişlerin, düşük rijitlikleri nedeniyle güçlü kolon-zayıf kiriş şartının sağlanması daha kolay olmaktadır.

3.5. Asmolen Döşemelerin Deprem Davranışı

Asmolen döşemeli betonarme binalarda, sık kirişlerin kullanılmasından dolayı, asmolen döşemeli betonarme binaların yatay yük taşıma kapasiteleri genellikle düşüktür (Doğangün, 2004). Sık kirişlerin kullanılması binaların yatay ötelenme rijitliğinin az olmasına neden olmakta dolayısıyla binalarda daha fazla görelî kat ötelenmesinin olmasına ve 2. mertebe etkileriyle binalarda oluşacak hasarların artmasına neden olmaktadır (Ersoy, 1995).

Asmolen döşemeli betonarme binalarda, düşük rijitliklerinden dolayı yaşanan depremlerde ağır hasarlar meydana gelmiştir. Örnek olarak, Adapazarı Depremi (1967), Kocaeli Depremi (1999), Bingöl Depremi (2003) ve Van (2011) Depremi sonrası meydana gelen deprem hasarları incelendiğinde, asmolen döşemeli betonarme binaların ağır hasarlar aldıkları belirlenmiştir (Dönmez, 2013; Sezen vd., 2000, Doğangün, 2004; ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, 2012). Deprem hasarları incelendiğinde, bu döşeme tipine sahip betonarme binaların tasarımında daha dikkatli olunması gerektiği görülmektedir. Tasarım aşamasında bu binaların düşük ötelenme rijitliği dikkate alınmalı ve gerekli durumlarda binanın ötelenme rijitliğini arttıracak tedbirler alınmalıdır.

Şekil 3.11’de Van Depreminde (2011) ağır hasar almış çok katlı asmolen döşemeli bir betonarme bina görülmektedir.

Asmolen döşemelerde, dişler arasında kullanılan ve döşemenin yük taşıma kapasitesine katkısı bulunmayan özellikle ağır dolgu malzemelerinin, deprem esnasında düşme tehlikesinin bulunduğuna dikkat edilmelidir.

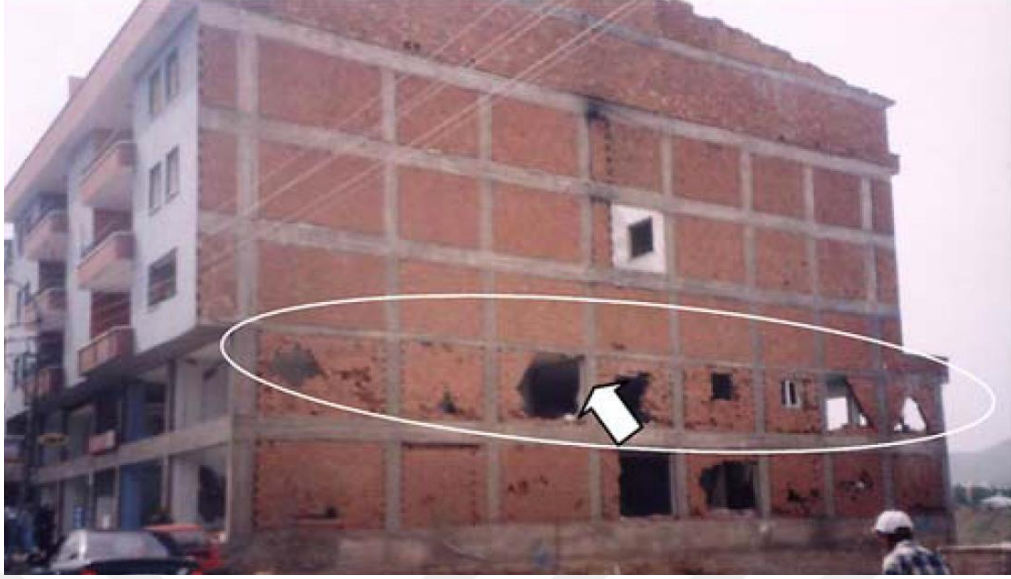
Van Depremi (2011) sonrasında oluşan hasarları incelendiğinde, asmolen döşemeli yapılarıdaki dolgu duvar hasarlarının, kirişli binalardaki dolgu duvar hasarlarından daha ağır olduğu görülmüştür. Asmolen döşemeli binalardaki rijitliği düşük geniş çerçeve kirişler, yatay deprem kuvvetleri etkisinde kolon uç dönmelerini yeterli düzeyde tutamadığı ve binalarda oluşan görelî kat ötelenmelerinin fazla olduğu gözlemlenmiştir (ODTÜ, 2012).



Şekil 3.11 Van Depreminde (2011) hasar almış asmolen döşemeli betonarme bir bina (Ince vd., 2018)

Şekil 3.12’da görülen ve Bingöl Depremi (2003) sonrası ağır hasar gören betonarme bina, 2. kat hariç kirişli plak döşeme tipine sahiptir. Bu binanın 2. katı asmolen döşeme olarak tasarlanmıştır. Şekil 3.10’da görüldüğü gibi binanın döşeme sistemi asmolen olarak yapılan 2. katında oluşan dolgu duvar hasarları diğer katlardan daha fazladır (Doğangün, 2004). Bu durum, asmolen döşemenin deprem davranışının ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerektiğini ve deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde tasarımında özen gösterilmesi gerektiğini göstermektedir.

Asmolen döşeme sistemine sahip binaların tasarım ve uygulama aşamasında, sık karşılaşılan ve binanın deprem davranışını olumsuz etkileyecek uygulamalar aşağıda ayrı bir başlık altında özetlenmiştir.



Şekil 3.12 Bingöl Depreminde (2003) hasar almış betonarme bir bina (Doğangün,2004)

3.6. Asmolen Döşemeli Betonarme Binalarda Uygulama ve Tasarım Hataları ve Eksiklikleri

Türkiye’de asmolen döşemeli betonarme binalar deprem bölgelerinde yaygın olarak kullanılmakta ve bu binaların dayanımlarını düşürecek tasarım ve uygulama hatalarına veya eksikliklerine sıklıkla rastlanmaktadır. Kesik ve/veya eğik çerçeve eksenleri, dış merkezli kiriş-kolon birleşim bölgeleri, geniş-kiriş kolon birleşim bölgelerindeki belirsizlikler, yüksekliği düşük çerçeve kiriş kullanımı asmolen döşemeli betonarme binaların, deprem dayanımını olumsuz etkilemektedir (Dönmez, 2013).



Şekil 3.13 Diyagonal çerçeve aksı

Şekil 3.13’de görülen kalıp planında aksların düzeni bozularak, eğik çerçeve aksı tasarlanmıştır. Bu durumun başlıca nedeni olarak, asmolen döşemelerde sarkan kiriş elemanının bulunmaması gösterilebilir. Çünkü sarkan eleman olmaması, tasarımcının mimari bir kaygı duymadan bu kirişleri rahatlıkla bağlamasına izin vermektedir. Buna karşın kirişli plak döşemeli betonarme binalarda böyle bir durumun olması, statik sorunların yanında, mimari kaygılar nedeniyle de tercih edilmemektedir.

Asmolen döşemeli betonarme binalarda, geniş kirişlerin kullanılmasından dolayı bazı durumlarda bu kirişlerin eksenleri çakışmamaktadır. Dış merkezli kiriş-kolon birleşim bölgesi olarak adlandırılan bu durumda, birleşim bölgesinin nasıl bir davranış sergileyeceğinde belirsizlikler bulunmaktadır (Dönmez, 2013).

Asmolen döşemeli betonarme binalarda, kullanılan rijitliği düşük geniş kirişlerde kolonlar arasında yeterli yük iletim kapasitesinin sağlanması amacıyla, bu kirişlerde normal kirişlerden daha fazla donatı atılmaktadır. Bu durumda geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinde, beton dökümünü zorlaştıracak, beton ve donatı arasındaki aderansı olumsuz etkileyecek düzeye donatı yoğunluğunun oluşmasına neden olabilmektedir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Örnek bir geniş kiriş-kolon birleşim bölgesi

Asmolen döşemeli betonarme binalarda karşılaşılan bir diğer durumda, geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinde, kolon dışından geçen geniş kiriş donatılarında meydana gelebilecek Bölüm 3.4’de bahsedilen sorunların ve belirsizliklerin tasarımda dikkate alınmamasıdır. Şekil 3.15’de görülen birleşim bölgesinde geniş kirişlerin kullanılmasının

yanında, diyagonal kirişin bulunması ve yetersiz aderansa sahip kiriş donatıları, bu birleşim bölgesinin deprem performansı üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir.

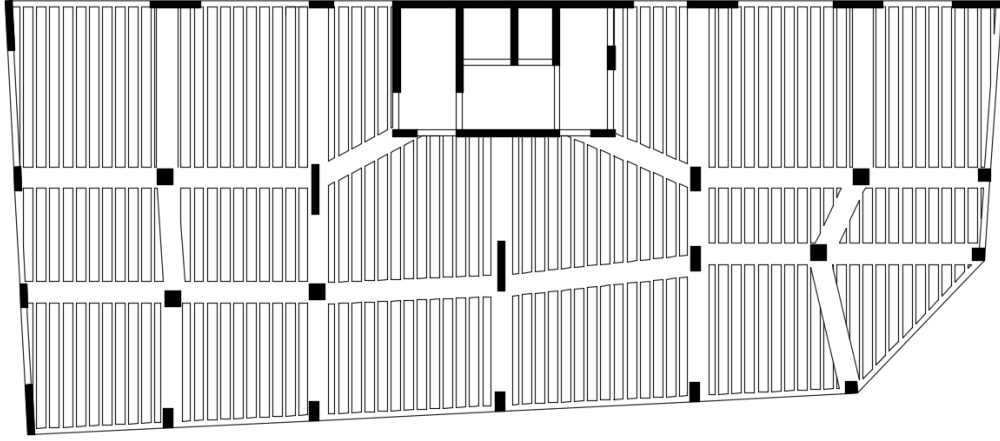


Şekil 3.15 Geniş kiriş-kolon birleşim bölgesi örneği

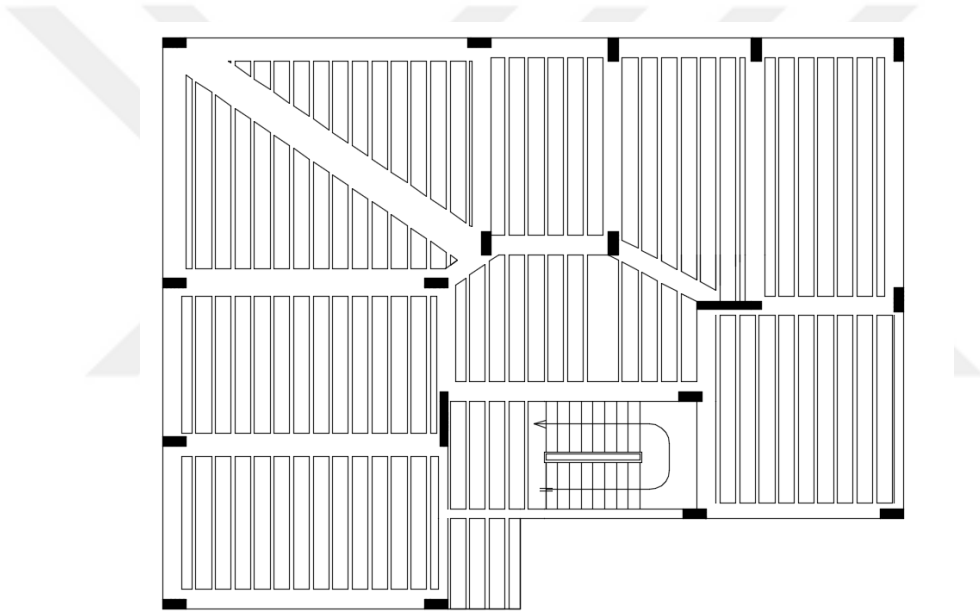
Asmolen döşemelerin tasarımı konusunda Bölüm 3.3’de yönetmeliklerde asmolen döşemeli binalar ve bu binalarda kullanılan geniş kirişlerin genişliği hakkında sınırlamalar getirilmiştir. Fakat asmolen döşeme sisteminin, yatay yükler altında gösterdiği düşük performans hususunda deprem yönetmelikleri düzeyinde oluşan farkındalık, maalesef uygulamaya pek de yansımamıştır. Uygulamada, zaten düşük yatay ötelenme rijitliğine sahip olan bu döşeme sisteminde, binanın rijitliğini düşürecek birçok durumla karşılaşmaktadır. Bu durumda, binanın zayıf olan göreceli ötelenme rijitliği ilave azalarak, deprem dayanımını olumsuz etkilemektedir.

Şekil 3.16-17’ de örnek asmolen döşemeli betonarme binaların kat kalıp planları verilmektedir. Bu binalarda görülen ve bina dayanımını olumsuz etkileyen durumlar aşağıda özetlenmiştir. Şekil 3.16-17’ de verilen kat kalıp planlarında bu olumsuzlukların birkaçı veya hepsi görülmektedir.

- Geniş kiriş-kolon birleşim bölgeleri
- Diyagonal kirişler
- Dış merkezli kiriş-kolon birleşim bölgeleri
- Simetrik olarak yerleştirilmeyen betonarme perdeler



Şekil 3.16 Asmolen döşeme kat kalıp planı örneği 1



Şekil 3.17 Asmolen döşeme kat kalıp planı örneği 2

Yukarıda bahsedilen tasarım ve uygulama hatalarının yanında işçilik ve malzemesi kalitesi gibi hatalar da bulunmaktadır. Güvenli bina tasarımı için yukarıda bahsedilen sakıncalı durumlardan veya belirsizliklerden kaçınılması gerekmektedir.

Asmolen döşemeli betonarme binalarda yaygın olarak karşılaşılan bir diğer durumda, bu döşeme tipinin yumuşak kat düzensizliği riski bulunan binalarda kullanılmasıdır. Depremlerde ağır hasarlara neden olan yumuşak kat düzensizliği hakkında ayrıntılı bilgi Bölüm 3.7’de verilecektir.

3.7. Yumuşak Kat Düzensizliği

Betonarme binalarda oluşan düzensizlikler, binaların depremlere karşı davranışını olumsuz etkilemektedir. Depreme dayanıklı ve güvenli bina tasarımı için bu düzensizliklerden kaçınılması gerekmektedir. Yumuşak kat düzensizliği (komşu katlar arası rijitlik düzensizliği), betonarme binalarda yaygın olarak görülmekte ve depremlerde binaların ağır hasarlar almasına neden olmaktadır. Deprem hasarları incelendiğinde, birçok binanın göçmesinde yumuşak kat düzensizliğinin etkili olduğu belirtilmektedir (Doğangün, 2004; Öztürk, 2013; Sezen vd., 2000; Adalier and Aydingun, 2001).

DBYBHY-2007’de yumuşak kat düzensizliği, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, binanın herhangi bir katında oluşan ortalama görelî kat ötelenmesi oranının, o katın bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelenmesi oranına bölünmesiyle elde edilen değerin 2.0’den fazla olması olarak tanımlanmaktadır (DBYBHY-2007).

Yumuşak kat düzensizliği, genellikle zemin katı iş yeri olarak kullanılan binalarda karşımıza çıkmaktadır. Çünkü bu binalarda ticari verimliliği artırmak amacıyla, zemin kat yüksekliği diğer katlardan daha yüksek olarak tasarlanmaktadır. Ayrıca çoğunlukla konut olarak kullanılan bu binalarda üst katlarda yoğun olarak kullanılan dolgu duvarlar, zemin katta tamamen veya büyük oranda kaldırılmaktadır (Şekil 3.18).

Binaların zemin kat yüksekliğinin artması, zemin katın ötelenme rijitliğini düşürerek, zemin katta oluşan görelî kat ötelenmelerini arttırmaktadır (Ince vd., 2018; Işık vd., 2016; Birol, 2010; Işık, 2006).

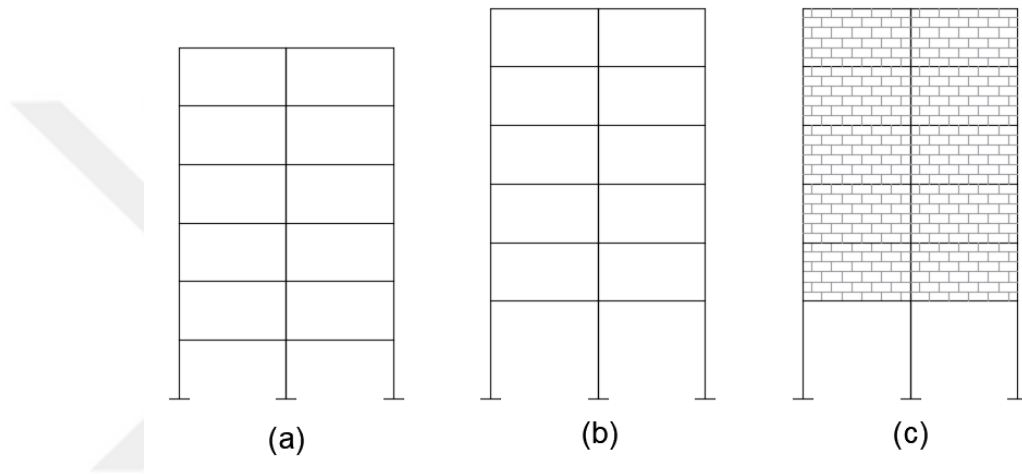
Dolgu duvarlar yapı rijitliğine katkıda bulunarak, ötelenme değerlerini düşürmekte ve yapı periyotlarını kısaltmaktadır. Bu nedenle üst katlarında yoğun bir şekilde dolgu duvar bulunan bir binanın, sadece zemin katında dolgu duvarların kaldırılması bu kattaki rijitliğin düşmesine ve yapının deprem dayanımının olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır (Öztürk, 2013; Karasu, 2011).

Zemin kat yüksekliğinin artması ve/veya üst katlarda kullanılan dolgu duvarların zemin katta kısmen veya tamamen kaldırılması, binanın yatay ötelenme rijitliğini düşürerek, binanın görelî kat ötelenmelerini arttırmaktadır. Bu durumlarda binada yumuşak kat düzensizliği oluşma riski bulunmaktadır.

Deprem hasarları incelendiğinde, yumuşak kat düzensizliğine sahip betonarme binaların, üst katlarında önemli hasarlar oluşmazken zemin katta oluşan hasarlarından

dolayı binanın göçtüğü görülmüştür (Doğangün, 2004; Oztürk, 2013). Yumuşak kat düzensizliğinin oluşması durumunda, zemin kat seviyesindeki kolon hasarları artmaktadır (Birol, 2010).

Yumuşak kat düzensizliği riski bulunan binaların tasarımı yapılırken, zemin katlardaki düşük ötelenme rijitlikleri dikkate alınmalıdır. Araştırmalarda, yumuşak kat düzensizliğine karşı, binalardaki göreceli kat ötelenme değerlerini düşüren, betonarme perdelerin kullanılmasının uygun olacağı belirtilmektedir (Ince vd, 2018; Doğangün, 2004; Öztürk, 2013).



Şekil 3.18 Binalarda farklı dolgu duvar kullanımı ve zemin kat yüksekliğinin farklı olması

Şekil 3.18 incelendiğinde, (a) çerçevelerinde yumuşak kat düzensizliği riski bulunmazken, (b) çerçevesinde zemin kat yüksekliğinin artmasından kaynaklanan, (c) çerçevelerinde ise hem zemin kat yüksekliğinin artmasından kaynaklanan hem de dolgu duvarların zemin kat seviyesinde kaldırılmasından dolayı kaynaklanan yumuşak kat düzensizliği riski bulunmaktadır.

Asmolen döşemeli betonarme binalarda, ticari nedenlerle zemin kat yüksekliklerinin üst katlardan fazla olması ve/veya üst katlarda kullanılan dolgu duvarların zemin kat seviyesinde kullanılmaması yaygın karşılaşılan durumlardır. Kullanılan sıg kirişler nedeniyle zaten düşük ötelenme rijitliğine sahip asmolen döşemeli binalarda karşılaşılan bu durumlar, binaların yatay ötelenme rijitliklerini ilave azaltmakta ve dolayısıyla göreceli kat ötelenmelerini artırmaktadır. Artan bu göreceli kat ötelenmeleri nedeni ile bu binalarda yumuşak kat düzensizliği oluşma riski artmaktadır ve bu binaların depremlerde düşük dayanım göstererek, ağır hasarlar alma potansiyeli yüksektir. Bu nedenle bu tür binaların

tasarımında, artan görelî kat ötelenme değêrleri dikkate alınmalıdır ve bu binaların deprem etkisi altındaki davranışı detaylı bir şekilde incelenmelidir.



4. BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bina performansının değerlendirmesi, belirli deprem etkisi altında, binada meydana gelmesi öngörülen hasarların sonucunda belirlenen performans düzeyinin, bina için hedeflenen performans düzeyini sağlayıp sağlamadığına karar verilmesi olarak özetlenebilir.

DBYBHY-2007’de bina performanslarının değerlendirilmesi için doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri yer almaktadır. Doğrusal elastik olan kuvvete dayalı hesap yöntemlerinde, deprem kuvvetlerin binada elastik olarak karşılandığı kabul edilmektedir. Taşıyıcı sistem elemanlarının hasar durumlarının belirlenmesinde, elemanlarda oluşan iç kuvvetler ve kırılma biçimleri dikkate alınarak bina performans hedefi belirlenmektedir. Doğrusal elastik olmayan şekil değiştirmeye dayalı analiz yöntemlerinde ise deprem kuvvetleri binada elastik ötesi şekil değiştirmeler ile de karşılanabilmektedir. Bina yer değiştirme istemine ulaşıldığında, elemanlardaki elastik ötesi hasar durumları ve kırılma biçimleri esas alınarak binanın beklenen performans düzeyi belirlenmektedir (DBYBHY, 2007).

Bina performansının doğrusal elastik yöntemler ile değerlendirilmesinde binanın deprem sırasında gördüğü hasarlar dikkate alınmamaktadır. Küçük şiddetli depremlerde bu yaklaşım yeterli doğrulukta sonuçlar verse de, binanın doğrusal elastik davranışa geçmesine neden olacak büyüklükteki depremlerde, hasar durumu arttıkça bu yöntemin doğruluğu azalmaktadır. Buna karşın binaların doğrusal elastik olmayan davranışını dikkate alan, şekil değiştirmeye dayalı değerlendirmede, binaların hasar aldıktan sonraki davranışı daha iyi bir şekilde yansıtılmakta ve göçme davranışları gerçeğe daha yakın olarak tespit edilebilmektedir (Celep, 2017).

Bu tez çalışması kapsamında, binaların performans değerlendirmesinde Doğrusal Elastik Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca statik itme analizi olarak da adlandırılan bu yöntemde, adım adım artan yatay yükler altında binanın tepe seviyesindeki yer değiştirmeleri kaydedilmektedir. Artan bu kuvvetler, bina hedef yer değiştirmesine ulaşınca kadar devam etmektedir (Oğuz, 2005; Yön, 2007).

Binaların deprem performansın değerlendirilmesi konusunda DBYBHY-2007, FEMA-356 ve ATC-40 gibi yönetmeliklerde ayrıntılı bilgiler bulunmaktadır.

4.1. DBYBHY-2007’de Mevcut Binaların Deprem Performansının Değerlendirilmesi

Bu başlık altına, DBYBHY-2007 Bölüm 7’de yer alan, bina deprem performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları ve temel ilkeleri anlatılmıştır. Bu başlık altında verilen bilgiler, yönetmeliğin bir özeti niteliğinde olup daha detaylı bilgiler için DBYBHY-2007’ye bakılmalıdır.

4.1.1. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Bina performanslarının belirlenmesinde, öncelikle binanın taşıyıcı elemanlarının hasar durumları belirlenmektedir. Elde edilen bu eleman hasarları ile bina performans düzeyine karar verilmektedir. Sünek olarak güç tükenmesine ulaşan elemanların hasar seviyelerine, üç sınır durum dikkate alınarak karar verilmektedir (Şekil 4.1).

4.1.1.1. Kesit Hasar Sınırları

Sünek elemanların hasar bölgelerinin belirlenmesi için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır;

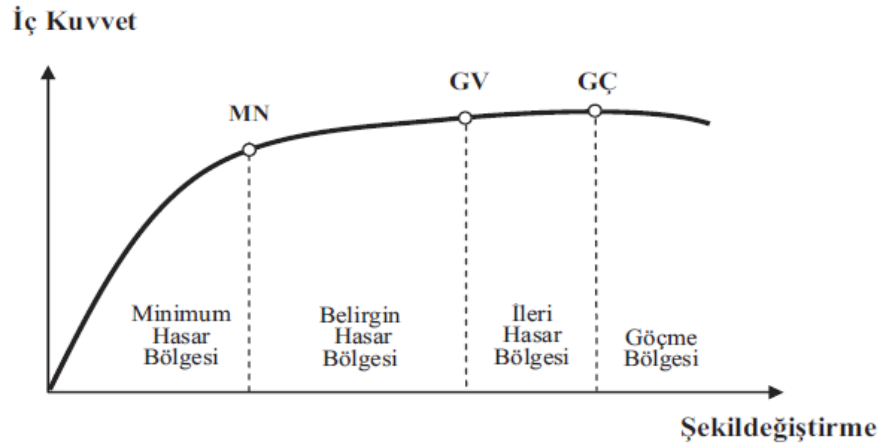
- *Minimum Hasar Sınırı (MN)*: Kesitin elastik ötesi davranışın başlangıcını tanımlamaktadır.
- *Güvenlik Sınırı (GV)*: Kesitin dayanımını güvenli bir şekilde sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını tanımlamaktadır.
- *Göçme Sınırı (GÇ)*: Kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır.

Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

4.1.1.2. Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarına bağlı olarak elemanlarda tanımlanan hasar bölgeleri (Şekil 4.1);

- *Minimum Hasar Bölgesi*: Kritik kesitlerinin hasarı, MN’ye ulaşmayan elemanların bulunduğu bölgesidir.
- *Belirgin Hasar Bölgesi*: Kritik kesitlerinin hasarı, MN ile GV arasında kalan elemanların bulunduğu bölgesidir.
- *İleri Hasar Bölgesi*: Kritik kesitlerinin hasarı, GV ile GÇ arasında kalan elemanların bulunduğu bölgesidir.
- *Göçme Bölgesi*: Kritik kesitlerinin hasarı, GÇ’yi geçen elemanların bulunduğu bölgesidir.



Şekil 4.1 Kesit hasar bölgeleri (DBYBHY, 2007)

4.1.1.3. Kesit ve Hasar Sınırlarının Tanımlanması

Doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin sonucunda, bina taşıyıcı sistem elemanların en fazla hasar gören kesitlerine ait iç kuvvetlerinin ve/veya şekil değiştirmelerinin Şekil 4.1’de görülen hasar bölgelerinden hangisine karşılık geldiği belirlenmelidir.

4.1.2. Betonarme Binaların Deprem Performansı

Bina deprem performans düzeyi, deprem etkisinde, oluşması beklenen hasar durumunun seviyesini göstermektedir. Bu performans düzeyleri dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır;

- Hemen Kullanım Performans Düzeyi
- Can Güvenliği Performans Düzeyi
- Göçme Öncesi Performans Düzeyi
- Göçme Durumu

Bina performans düzeyi belirlenirken, kesit hasarlarından eleman hasarlarına, eleman hasar durumlarından kat hasar durumuna, kat hasar durumundan ise taşıyıcı sistem performans düzeyi tespit edilmektedir ve bu değerlendirme binanın her katı ve her iki doğrultusu için yapılmalıdır. Bu performans düzeylerinin ayrıntılı açıklamaları DBYBHY-2007 Bölüm 7.7’de verilmektedir.

4.1.3 Deprem Etkisi

Mevcut binaların performans değerlendirmesinde üç farklı deprem etkisi tanımlanmaktadır;

Tasarım depremi: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremi esas almaktadır. Yeni yapılacak binalar için DBYBHY-2007 Bölüm 2.4’de tanımlanan ivme spektrumunu esas almaktadır.

En büyük deprem: 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremdir. Tasarım Depreminde kullanılan ivme spektrumunun düşey değerleri yaklaşık 1.5 kat arttırılır.

Kullanım Depremi: 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremdir. Tasarım Depreminde kullanılan ivme spektrumunun düşey değerlerinin yaklaşık yarısı alınır.

Binaların kullanım amacı ve türüne bağlı olarak, belirli bir deprem etkisinde binalardan beklenen performans hedefleri de farklılık göstermektedir. DBYBHY-2007’de Bölüm 7.8’de farklı deprem etki düzeyleri için binalardan beklenen minimum performans hedefleri verilmiştir.

4.1.4. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile Belirlenmesi

DBYBHY-2007 kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi’dir. İlk iki yöntem, bu yönetmelikte doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirme hesabı için temel alınan Artımsal İtme Analizi’nde kullanılacak olan yöntemlerdir.

4.1.4.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’nin amacı, birinci (*deprem doğrultusunda hakim*) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında, doğrusal olmayan itme analizi’nin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet adımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanacaktır.

DBYBHY-2007' e yer alan kurallara göre Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin kullanılabilmesi için, binalarda aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir.

- Bina kat sayısının 8'den fazla olmaması (bodrum kat hariç) gereklidir.
- Herhangi bir katta ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir.
- Binada göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin, toplam bina kütlelerine (*rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç*) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

4.3. FEMA-356'da yer alan plastik mafsallık özellikleri

Betonarme elemanların moment eğrilik ilişkileri ve elemanlardaki hasar sınırlarının tespiti için FEMA-356 yönetmeliğinde tanımlanan tablolar kullanılabilmektedir. Tablo 4.1'de kiriş elemanlar için verilen hasar sınırları gösterilmektedir. Bu sınırların belirlenmesinde kirişlerdeki donatı oranı, kesme kuvveti ve kirişin sargı durumu etkili parametrelerdir. Tablo 4.2'de kolonlar için verilen hasar sınırları gösterilmektedir. Bu sınırların belirlenmesinde kolondaki aksenal ve kesme kuvvet ile kolonun sargı durumu etkili parametrelerdir.

Tablo 4.1. Kirişlerin eğilme altındaki moment eğrilik ilişkisi (FEMA-356)

Durumlar			Modelleme Parametreleri			Kabul Kriterleri				
			Plastik Dönme Açısı (Radyan)	Artık Güç Oranı	Plastik Dönme Açısı (Radyan)					
					Performans Seviyesi					
					IO	Eleman Tipi				
						Birincil		İkincil		
			a	b	c	LS	CP	LS	CP	
Eğilme etkisindeki kirişler										
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargı donatısı	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$								
≤ 0.0	Uygun	≤ 3	0.025	0.05	0.2	0.010	0.02	0.025	0.02	0.05
≤ 0.0	Uygun	≥ 6	0.02	0.04	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.04
≥ 0.5	Uygun	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
≥ 0.5	Uygun	≥ 6	0.015	0.02	0.2	0.005	0.005	0.015	0.015	0.02
≤ 0.0	Uygun değil	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
≤ 0.0	Uygun değil	≥ 6	0.01	0.0015	0.2	0.015	0.005	0.01	0.01	0.015
≥ 0.5	Uygun değil	≤ 3	0.01	0.0015	0.2	0.005	0.01	0.01	0.01	0.015
≥ 0.5	Uygun değil	≥ 6	0.005	0.01	0.2	0.015	0.005	0.005	0.005	0.01

Tablo 4.2. Kolonların eğilme altındaki moment eğrilik ilişkisi (FEMA-356)

Durumlar			Modelleme Parametreleri			Kabul Kriterleri				
			Plastik Dönme Açısı (Radyan)		Artık Güç Oranı	Plastik Dönme Açısı (Radyan)				
						Performans Seviyesi				
						IO	Eleman Tipi			
							Birincil		İkincil	
a	b	c	LS	CP	LS	CP				

Eğilme etkisindeki kolonlar										
$\frac{P}{A_c f_{ck}}$	Sargı donatısı	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$								
≤ 0.0	uygun	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.015	0.02	0.02	0.03
≤ 0.0	uygun	≥ 6	0.016	0.024	0.2	0.005	0.012	0.016	0.016	0.024
≥ 0.4	uygun	≤ 3	0.015	0.025	0.2	0.003	0.012	0.015	0.018	0.025
≥ 0.4	uygun	≥ 6	0.012	0.02	0.2	0.003	0.01	0.012	0.013	0.02
≤ 0.0	uygun değil	≤ 3	0.006	0.015	0.2	0.005	0.005	0.06	0.01	0.015
≤ 0.0	uygun değil	≥ 6	0.005	0.012	0.2	0.005	0.004	0.05	0.008	0.012
≥ 0.4	uygun değil	≤ 3	0.003	0.01	0.2	0.002	0.002	0.03	0.006	0.01
≥ 0.4	uygun değil	≥ 6	0.002	0.008	0.2	0.002	0.002	0.002	0.005	0.008

5. SAYISAL UYGULAMA

Bu çalışmada, asmolen döşemeli betonarme binalarda, yumuşak kat düzensizliği sayısal olarak incelenmiştir. Bu amaçla 5 ve 7 katlı, asmolen döşemeli betonarme binalar tasarlanmıştır. Bu binaların zemin kat yüksekliği arttırılarak, bu artışın bina üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca asmolen döşemeli betonarme binaların, depremlerde nispeten daha iyi davranış gösteren kirişli plak döşemeli betonarme binalarla karşılaştırılması amacıyla, asmolen döşemeli betonarme binalarla benzer özellikteki, kirişli plak döşemeli betonarme binalar tasarlanmıştır. Çalışmada kullanılan betonarme binalar DBYBHY-2007 ve TS 500-2000 esas alınarak tasarlanmıştır.

Asmolen döşemeli betonarme binalarda, zemin kat yüksekliğindeki değişimin daha iyi bir şekilde değerlendirilebilmesi ve binalarda burulma etkisinin oluşmamasını sağlamak için, binalar kare planlı olarak tasarlanmıştır. Ayrıca binaların iki doğrultusu arasında, kolonlardan kaynaklanan bir rijitlik farkını engellemek amacıyla tüm kolonlar kare olarak tasarlanmıştır.

Bu tez çalışmasında, betonarme binaların analizleri SAP2000 yapı analiz programı kullanılarak yapılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarına tanımlanan donatıların hesapları için ideCAD Statik programından yararlanılmıştır.

Betonarme binaların, görelî kat ötelenmelerini elde etmek için, binaların doğrusal elastik davranışları dikkate alınarak, mod birleştirme yöntemi ile analizleri yapılmış ve görelî kat ötelenmeleri elde edilmiştir. Asmolen döşemeli 5 ve 7 katlı betonarme binaların, zemin kat yüksekliklerinin 3.0 m, 3.5 m, 4.0 m ve 4.5 m olması durumları dikkate alınarak analizleri yapılmıştır. Zemin kat yüksekliklerinin belirlenmesinde, Türkiye’de inşaat sektöründeki yaygın uygulama dikkate alınmıştır. Zemin kat yüksekliğinin en fazla 4.5 m alınmasının nedeni ise, bu yükseklikten fazla tasarlanan zemin katlarda genellikle asma kat bulunmasıdır. Zemin kat yüksekliğinin daha yüksek değerlerde alınması durumunda, analiz modelinde asma katın tanımlanmasının da uygun olacağı düşünülmektedir. Analizler sonucunda elde edilen görelî kat ötelenmeleri, grafik şeklinde verilerek karşılaştırılmıştır.

Analizler neticesinde asmolen döşemeli betonarme binaların görelî kat ötelenmelerinin, kirişli plak döşemelere oranla fazla olduğu görülmüştür. Asmolen döşemeli betonarme binalarda oluşan büyük görelî kat ötelenmeleri nedeniyle, bu binalarda şekil değiştirmeye

dayalı analizlerinin yapılmasının uygun olacağı düşünülerek, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile analizleri yapılmıştır.

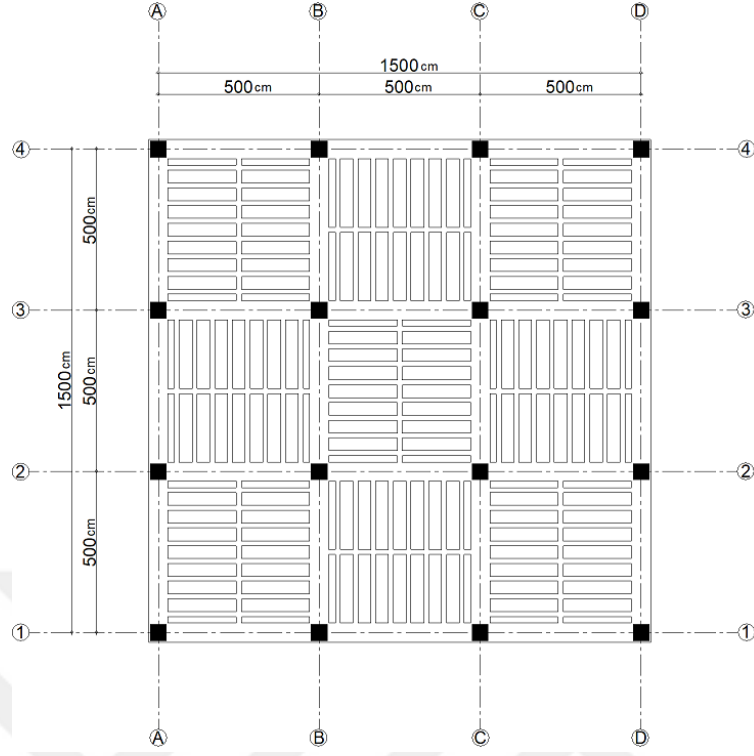
5 ve 7 katlı asmolen döşemeli betonarme binalar, zemin kat yüksekliğinin, yumuşak kat düzensizliği olmayan (3 m) ve yumuşak kat düzensizliği riski en fazla olan (4.5 m) durumlar dikkate alınarak analizleri yapılmıştır. Analizler neticesinde, binalara ait *taban kesme kuvveti* (V_b)–*tepe yer değiştirme* (u) ilişkisini veren kapasite eğrileri elde edilmiştir. Daha sonra 5 ve 7 katlı 3.0 m zemin kat yüksekliğine sahip kirişli plak döşemeli betonarme binaların analizleri sonucunda, kapasite eğrileri elde edilmiştir. Bu kapasite eğrileri grafik şeklinde verilerek, değerlendirme yapılmıştır.

Bu çalışmada betonarme binalarda kat sayısının 7 ile sınırlandırılmasının nedeni, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile itme analizinde 25 metre yükseklik sınırının bulunmasıdır. 7 katlı binalarda, zemin kat yüksekliğinin 4.5 m ve üst katların yüksekliğinin 3 m olması durumunda bina yüksekliği 22.5 m olmaktadır, 8 katlı binalarda 25.5 m olacak bu yükseklik DBYBHY-2007’de verilen 25 m sınırını aşmaktadır.

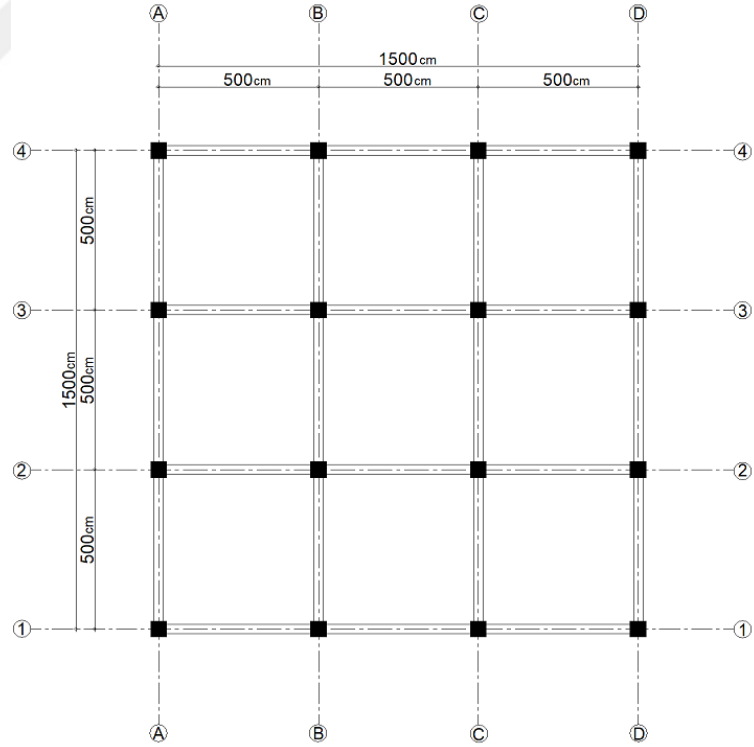
Binaların malzeme özellikleri ve deprem karakteristikleri Tablo 5.1’de verilmiştir. Asmolen döşemeli ve kirişli plak döşemeli betonarme binalara ait kat kalıp planları Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Tasarlanan binaların malzeme özellikleri ve deprem karakteristikleri

Beton sınıfı	C25
Donatı çeliği	S420
Dolgu malzemesi	Strafor
Beton elastisite modülü (E_c)	30250 (N/mm ²)
Donatı elastisite modülü (E_s)	200000 (N/mm ²)
Deprem bölgesi	1
Etkin yer ivme katsayısı (A_o)	0.4
Zemin sınıfı	Z3
Spektrum karakteristik periyotları (s)	$T_A:0.15$ $T_B:0.6$
Bina kullanım amacı	Konut
Bina önem katsayısı (I)	1
Hareketli yük katılım katsayısı (n)	0.3
Kaplama + sıva yükü	1.6 kN/m ²
Hareketli yük katılım katsayısı (n)	3.5 kN/m ²



Şekil 5.1 Asmolen döşemeli betonarme binalara ait tipik kat kalıp planı



Şekil 5.2 Kirişli plak döşemeli betonarme binalara ait tipik kat kalıp planı

Tasarlanan binalarda kullanılan asmolen döşemeye ait kesit özellikleri Tablo 5.2’de verilmektedir. Kirişli plak döşemeli betonarme binalarda ise plak kalınlığı 14 cm olarak alınmıştır. Binaların taşıyıcı eleman boyutları ileriki bölümlerde verilecektir.

Tablo 5.2. Asmolen döşeme boyutları (mm)

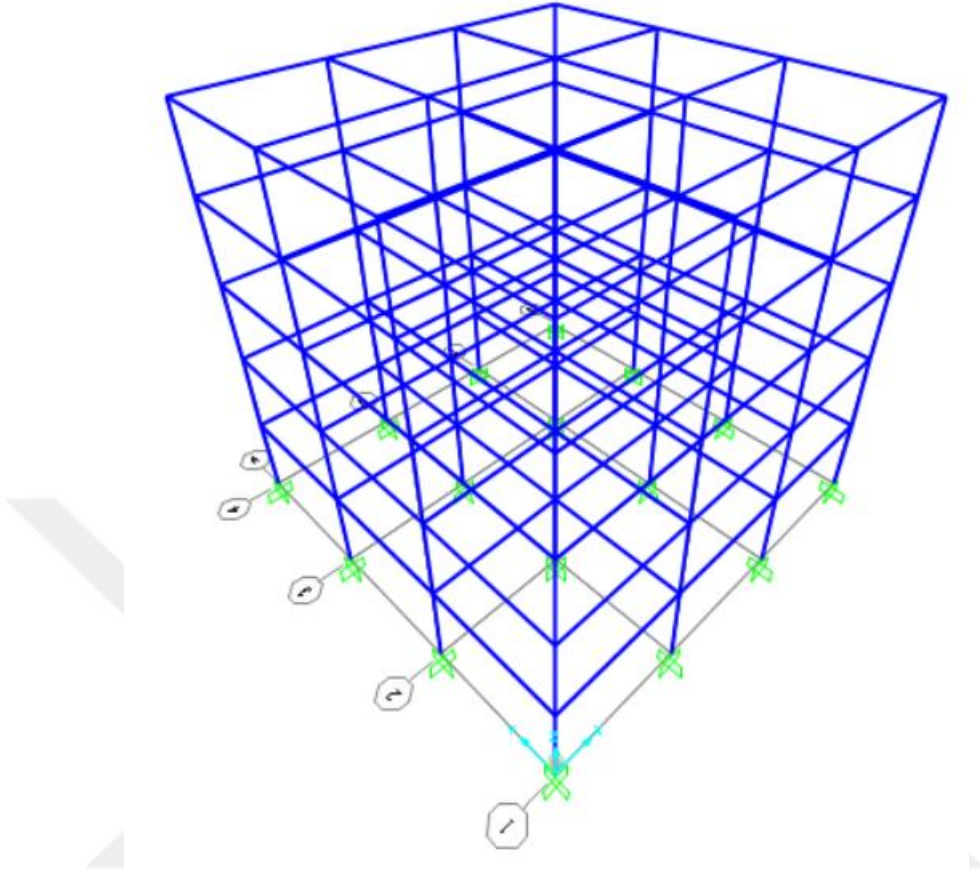
Döşeme parametresi	Boyutu (mm)
Döşeme yüksekliği	320
Plak kalınlığı (t)	70
Diş genişliği (bw)	150
Net diş aralığı (e)	400

Asmolen döşemeli betonarme binalarda, bütün kirişler üzerine 4 kN/m duvar yükü etki ettiği kabul edilmiştir. Kirişli plak döşemeli binalarda, kiriş yüksekliklerinden dolayı, duvar yükleri asmolen döşemeli betonarme binalardan daha düşük olmaktadır. Bu nedenle duvar yükleri kirişli plak döşemeli betonarme binalarda değişen kiriş yüksekliği dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Betonarme binaların modellemesinde yapılan kabuller aşağıda verilmiştir;

- Asmolen döşemeli betonarme binalarda döşeme dişleri ve plak tabakası, kirişli plak döşemeli binalarda ise plak tabakası modellemeye katılmamıştır. Asmolen döşemeli betonarme binalarda sıkı kirişler kullanılmış, kirişli plak döşemeli betonarme binalarda ise daha fazla yüksekliğe sahip kirişler kullanılarak tasarım yapılmıştır.
- Deprem yüklerinin döşeme seviyesinde etki ettiği kabul edilmiştir.
- Kolon-kiriş birleşim bölgeleri, sonsuz rijit bölgeler olarak dikkate alınmıştır.
- Kolon-temel birleşimlerinde ankastre mesnetler tanımlanarak analizler yapılmıştır.
- Kirişlerde, tablalı kesit olarak dikkate alınmıştır.

5 katlı binalara ait SAP2000 programındaki bina modeli Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.3 SAP2000 programında 5 katlı bina modeli

5.1. Betonarme Binaların Görelî Kat Ötelenmelerinin Karşılaştırılması

Betonarme binaların, görelî kat ötelenmelerini elde etmek için binaların doğrusal elastik davranışları dikkate alınarak, mod birleştirme yöntemi ile analizleri yapılmıştır. Analizler neticesinde elde edilen görelî kat ötelenmeleri, karşılaştırılmalı olarak grafik şeklinde verilmiştir.

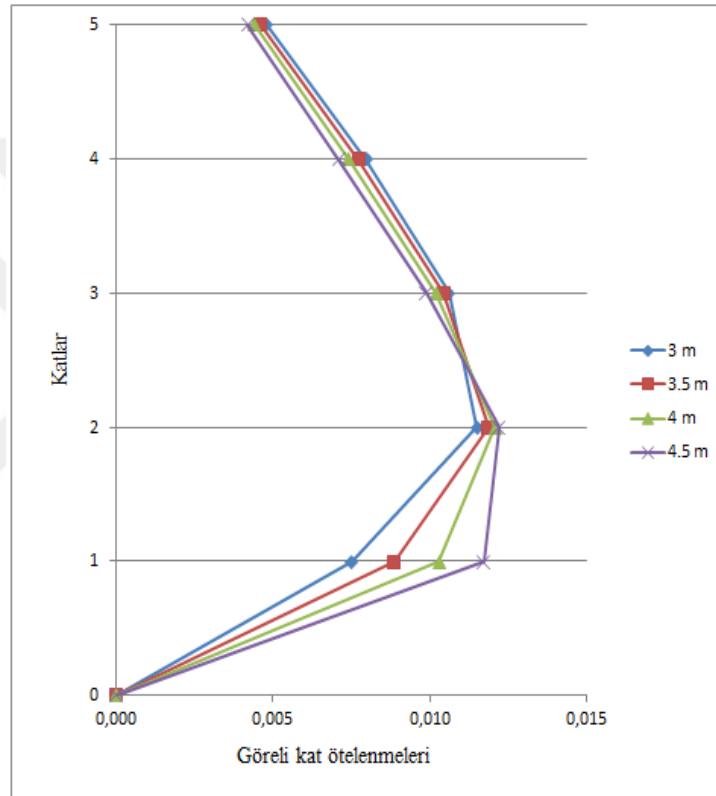
5.1.1. Mod Birleştirme Yöntemi ile 5 Katlı Betonarme Binaların Analizi

5 katlı asmolen döşemeli ve kirişli plak döşemeli betonarme binalara ait taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları Tablo 5.3’de verilmiştir.

Tablo 5.3. 5 katlı betonarme binaların taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları

Döşeme Tipi	Kolon Boyutları (mm)	Kiriş Boyutları (mm)
Asmolen	500/500	600/320
Kirişli plak	500/500	300/500
Kirişli plak	500/500	300/600

Şekil 5.4’de 5 katlı asmolen döşemeli betonarme binanın, zemin kat yüksekliğinin 3.0 m, 3.5 m, 4.0 m, 4.5 m olması durumları için görelî kat ötelenme değerleri verilmiştir.

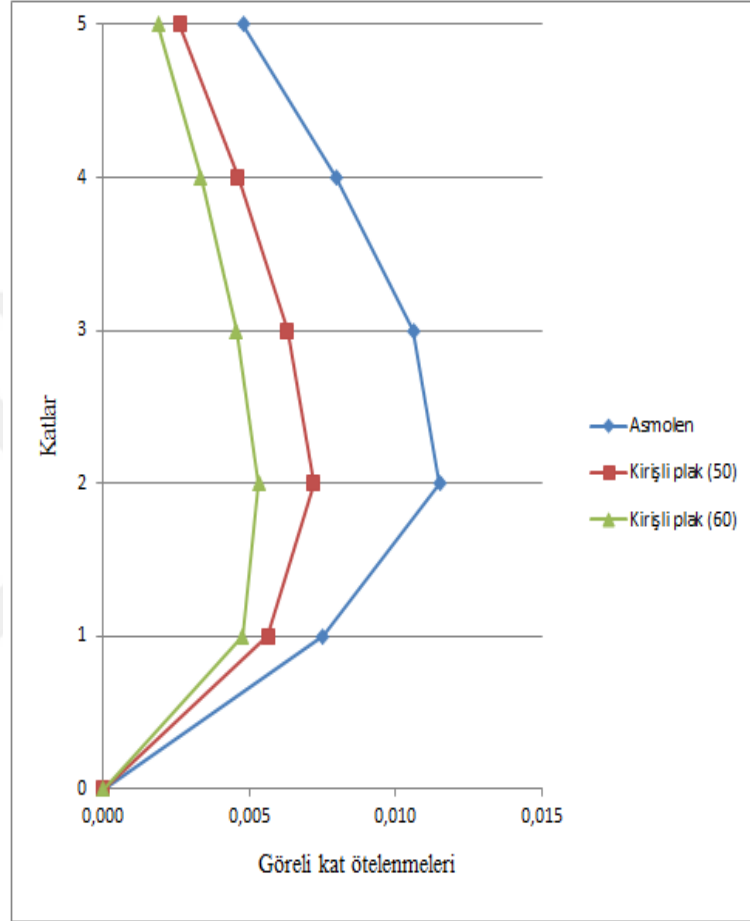


Şekil 5.4 Asmolen döşemeli 5 katlı betonarme binaların görelî kat ötelenmeleri

Şekil 5.4’de görüldüğü gibi zemin kat yüksekliğindeki artış, binalardaki görelî kat ötelenmelerini, belirgin ölçüde arttırmıştır. Zemin kat yüksekliğinin 3 m’den 3.5 m, 4.0 m ve 4.5 m’ye çıkması durumlarında, görelî kat ötelenme değerleri sırasıyla yaklaşık %20, %35 ve %55 oranında artış göstermiştir.

Asmolen döşemeli betonarme binaların, kirişli plak döşemeli betonarme binalarla karşılaştırmasını yapmak amacıyla kirişli plak döşemeli betonarme binalar tasarlanmıştır. Kirişli plak döşemeli betonarme binaların kiriş yükseklikleri, öncelikle 50 cm olarak tasarlanmıştır. Bunun yanında Türkiye’de inşaat sektöründeki yaygın uygulamayı yansıtabilmek için kirişli plak döşemeli betonarme binalardaki kiriş yüksekliklerinin, 60

cm olması durumu da dikkate alınarak görelî kat ötelenmeleri elde edilmiştir. Asmolen döşemeli ve kirişli plak döşemeli betonarme binalardan elde edilen, görelî kat ötelenmelerini karşılaştırılması için, Şekil 5.5’de bu iki döşeme tipine sahip betonarme binaların 3 m zemin kat yüksekliği için görelî kat ötelenmeleri verilmiştir.



Şekil 5.5 Zemin kat yüksekliği 3 m olan 5 katlı betonarme binaların görelî kat ötelenmeleri

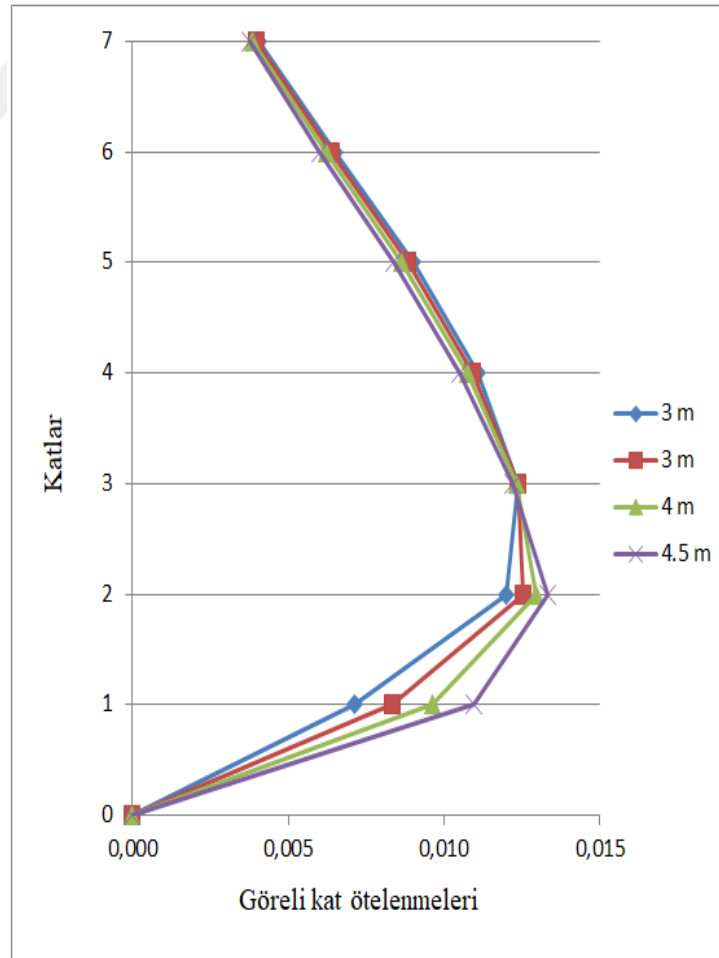
Şekil 5.5’de görüldüğü gibi asmolen döşemeli betonarme binanın görelî kat öteleme değerleri, kirişli plak döşemeli binalardan belirgin bir şekilde fazladır. Asmolen döşemeli betonarme binanın zemin katında oluşan görelî kat ötelenmeleri, 50 cm ve 60 cm kiriş yüksekliğine sahip kirişli plak döşemeli binaların zemin katında oluşan görelî kat ötelenme değerlerinden, sırasıyla yaklaşık %35 ve %60 daha fazladır.

5.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi ile 7 Katlı Betonarme Binaların Analizi

Bölüm 5.1.1’de mod birleştirme yöntemi kullanılarak, 5 katlı asmolen ve kirişli plak döşemeli betonarme binaların görelî kat ötelenmeleri elde edilmiştir. Daha yüksek katlı binalar için karşılaştırma yapmak amacıyla 7 katlı asmolen döşemeli ve kirişli plak döşemeli betonarme binalar tasarlanmış ve mod birleştirme yöntemi ile analizleri yapılarak görelî kat ötelenmeleri elde edilmiştir. Tablo 5.4’de 7 katlı binaların taşıyıcı eleman boyutları verilmiştir.

Tablo 5.4. 7 katlı betonarme binaların taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları

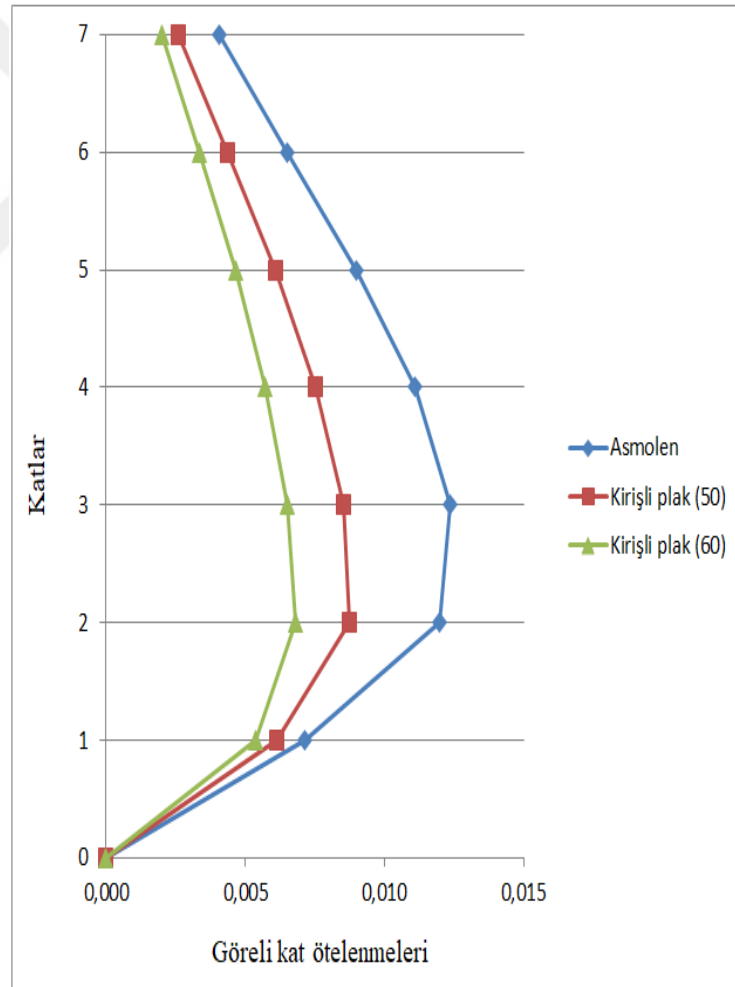
Döşeme Tipi	Kolon Boyutları (mm)	Kiriş Boyutları (mm)
Asmolen	550/550	600/320
Kirişli plak	550/550	300/500
Kirişli plak	550/550	300/600



Şekil 5.6 Asmolen döşemeli 7 katlı betonarme binaların görelî kat ötelenmeleri

Şekil 5.6’da 7 katlı asmolen döşemeli betonarme binaların, zemin kat yüksekliğinin 3.0 m, 3.5 m, 4.0 m, 4.5 m olması durumları için görelî kat ötelenme değeri verilmiştir. Şekil 5.6’da verilen görelî kat ötelenmelerinde, zemin kat yüksekliğinin 3 m’den 3.5m, 4.0 m ve 4.5 m’ye çıkması durumunda görelî kat ötelenme değeri sırasıyla yaklaşık %15, %35 ve %55 oranında artmıştır.

Asmolen döşemeli ve kirişli plak döşemeli betonarme binalardan elde edilen, görelî kat ötelenmelerini karşılaştırmak için, Şekil 5.7’de 7 katlı asmolen döşemeli ve kirişli plak döşemeli betonarme binaların zemin kat yüksekliklerinin 3 m olması durumu için görelî kat ötelenmeleri verilmiştir. Asmolen döşemeli betonarme binanın zemin katında oluşan görelî kat ötelenmeleri, 50 cm ve 60 cm kiriş yüksekliğine sahip kirişli plak döşemeli binaların görelî kat ötelenmelerinden sırasıyla yaklaşık % 15 ve % 30 daha fazladır.



Şekil 5.7 Zemin kat yüksekliği 3 m olan 7 katlı betonarme binaların görelî kat ötelenme değeri

5.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi

Betonarme binaların doğrusal olmayan davranışları dikkate alınarak Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle analizleri yapılmıştır. Analizler neticesinde binaların taban kesme kuvveti (V_b) ve tepe yer değıştirmeleri (u) değerlerini veren kapasite eğrileri elde edilmiş ve grafik şeklinde sunulmuştur.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle asmolen döşemeli binaların, yumuşak kat düzensizliği olmayan durumu (zemin kat yüksekliği 3 m) ve yumuşak kat düzensizliği riski en fazla olan durumu (zemin kat yüksekliği 4.5 m) dikkate alınarak analizleri yapılmıştır.

Doğrusal olmayan analizlerde yapılan kabuller aşağıda sıralanmıştır;

- Elamanların doğrusal olmayan davranışları, yığılı plastik mafsalları hipotezi kullanılarak tanımlanmıştır.
- Plastik mafsallar kirişlerde eğilme momenti dikkate alınarak (M3), kolonlarda ise iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet dikkate alınarak atanmıştır (P-M2-M3).
- Asmolen döşemeli betonarme binalarda, geniş kiriş-kolon birleşimlerinde, kolon dışından geçen donatıların yüklerini kolona iletmesindeki sorunlar ve belirsizlikler ihmal edilmiştir.

SAP2000 programında, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile analiz yaparken, takip edilen analiz adımları aşağıda verilmiştir.

- Malzeme ve kesit özelliklerinin tanımlanması
- Bina modelinin oluşturulması
- Binaya etki edecek yüklerin tanımlanması
- Doğrusal analizin yapılması
- Taşıyıcı sistem elemanlarına plastik mafsalların atanması
- Doğrusal olmayan analizin yapılması

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde, binanın SAP2000 modeli oluşturulduktan sonra, binada düşey yükler sabit tutularak ($G+nQ$), yatay deprem kuvvetleri etki ettirilmektedir. Etki ettirilen bu deprem kuvvetleri, eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile hesaplanmakta ve binaya her kat seviyesinde etki ettirilmektedir (Tablo 5.5). Katlara etki eden deprem kuvvetleri kendi aralarında orantılı olacak şekilde arttırılmakta ve binanın tepe (çatı) seviyesindeki yer değıştirmesi elde edilmektedir. Taban kesme kuvveti (V_b) ve tepe yer değıştirmesi (u) değerleriyle, binanın kapasite eğrileri çizilmektedir.

Tablo 5.5. Asmolen döşemeli 5 katlı, zemin kat yüksekliği 3 m olan betonarme binanın eşdeğer deprem yükü yönteminde katlara etki eden deprem kuvveti

Kat	$W_i(G+nQ)$	H_i (m)	W_i*H_i	$(W_i*H_i)/(\sum W_i*H_i)$	$F_x(kN)$	$F_y(kN)$
4	2314.06	15	34710.9	0.333	486.85	486.85
3	2314.06	12	27768.72	0.267	348.72	348.72
2	2314.06	9	20826.54	0.200	261.54	261.54
1	2314.06	6	13884.36	0.133	174.36	174.36
Z	2314.06	3	6942.18	0.067	87.18	87.18

SAP2000 programında yapı elemanlarına atanan plastik mafsallar, kullanıcı tarafından dışarıdan girilebileceği gibi program içerisinde otomatik olarak da atanabilmektedir. Elemanların mafsallaşma durumuna göre P (eksenel kuvvet), V (kesme kuvvet) ve M (moment) etkisi altında mafsallar tanımlanabileceği gibi bu mafsallaşma durumlarının birlikte dikkate alındığı P-M3 veya P-M2-M3 gibi mafsallarda tanımlanabilmektedir. Bu çalışmada, modellenen binaların kolon (P-M2-M3) ve kirşlerine (M3) tanımlanan plastik mafsallar, programda otomatik olarak yer alan FEMA-356'da yer alan tablolara göre tanımlanmıştır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 SAP2000 programında tanımlanan kolon ve kiriş mafsalları

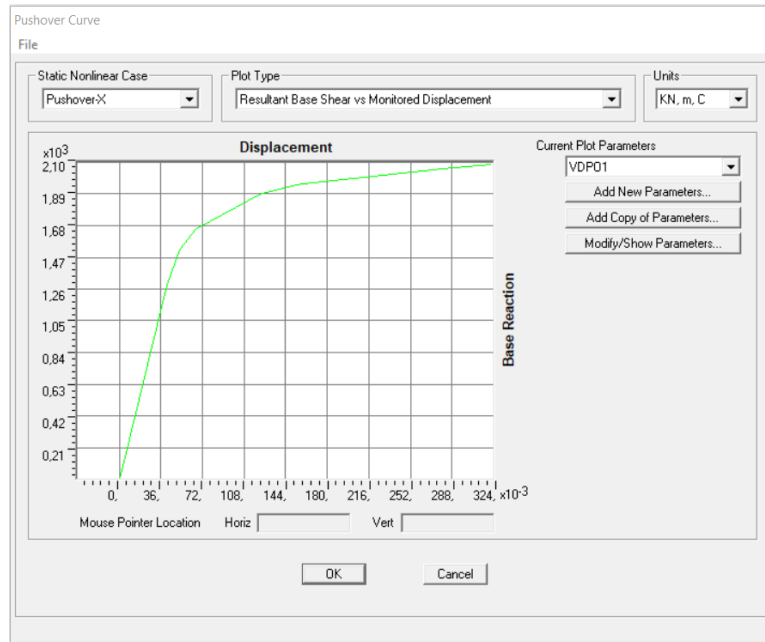
Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde, taşıyıcı elemanlara etkin eğilme rijitlikleri (*çatlamış kesit rijitlikleri*) tanımlanmaktadır. Eleman rijitlikleri, belirli bir katsayı ile çarpılarak azaltılmakta ve elemanın etkin eğilme rijitliği elde edilmektedir. Taşıyıcı elemanın eksenî doğrultusunda, etki eden basınç kuvveti, elemanın etkin eğilme rijitlik katsayısı üzerinde etkilidir. Kirişlerde etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e = 0.4(EI)_0$ alınmaktadır. Kolonlarda ise aksenal kuvvet etkisiyle $N_D/(A_c \cdot f_{cm}) \leq 0.10$ için $(EI)_e = 0.4(EI)_0$ ve $N_D/(A_c \cdot f_{cm}) \geq 0.40$ için $(EI)_e = 0.8(EI)_0$ olarak alınmaktadır ve aksenal kuvvetin ara değerleri için interpolasyon yapılarak bulunabilir (DBYBHY-2007). Örnek bir kolonun etkin eğilme rijitliği hesabı aşağıda verilmiştir.

$$N_D = 1061.51 \text{ kN} \rightarrow N_D/(A_c \cdot f_{cm}) = 1061.51/(50 \cdot 50 \cdot 2.5) = 0.170 \rightarrow (EI)_e = 0.49 (EI)_0$$

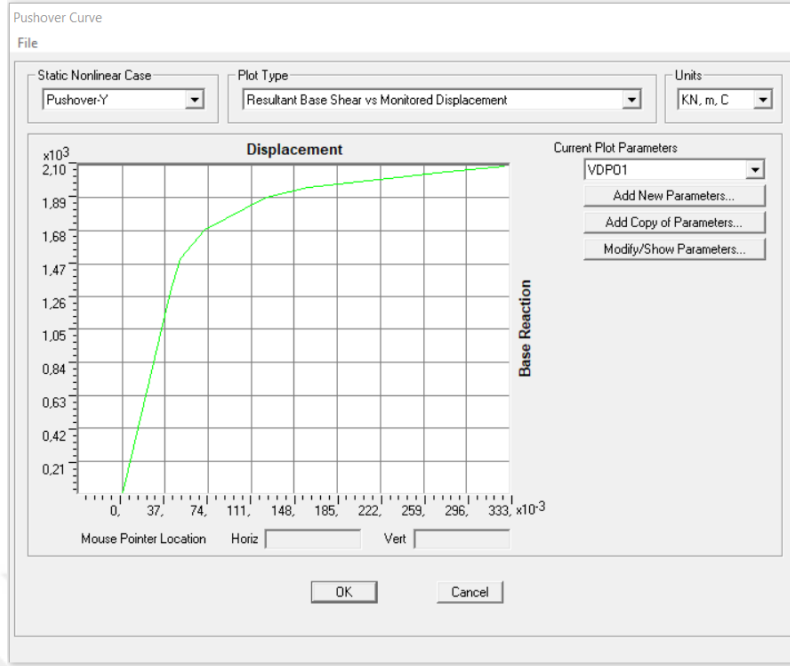
Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde, binaya eşdeğer deprem yükü yönteminden hesaplanan yatay kuvvetler, belirli bir yer değiştirme değerine kadar veya bina göçme durumuna geçene kadar artarak etki etmeye devam etmektedir. Bu artış sırasında binanın taban kesme kuvveti (V_b) – tepe deplasmanı (u) değerlerini veren kapasite eğrileri elde edilmektedir. Kapasite eğrisinin başlangıcında bina, etki eden deprem kuvvetlerini elastik sınırlar içerisinde karşılamaktadır ve eğri lineer olacak şekilde çizilmektedir. Fakat yükün artmasıyla, taşıma gücüne ulaşan elemanlarda plastik mafsallar oluşmakta ve binanın rijitliği azalmaktadır. Bu durum, bina rijitliğini tamamen kaybedip göçene kadar devam etmektedir.

5.2.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile 5 Katlı Betonarme Binaların Analizi

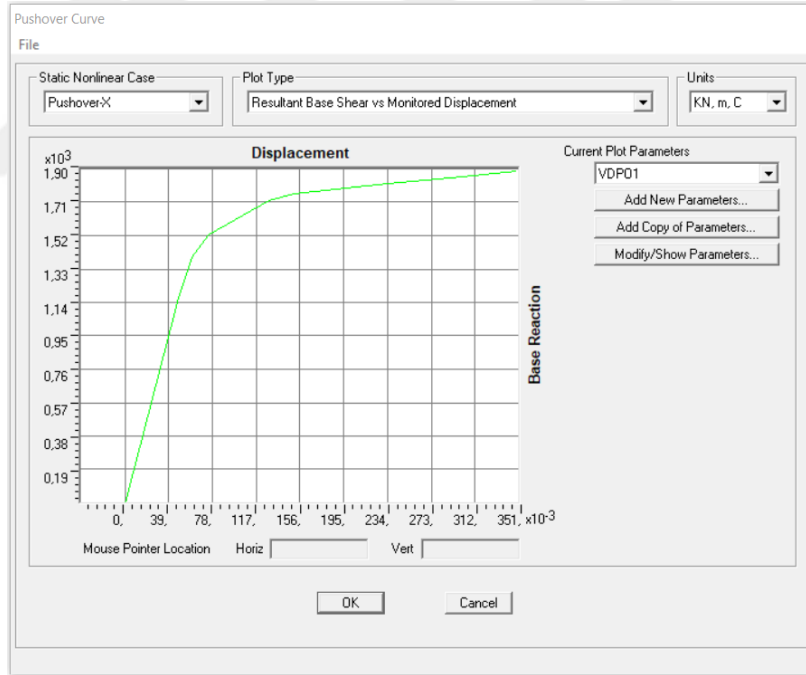
Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile analizi yapılan asmolen döşemeli ve kirişli plak döşemeli betonarme binaların kapasite eğrileri aşağıda verilmiştir. Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’de zemin kat yüksekliği 3 m olan asmolen döşemeli binanın, X ve Y doğrultusundaki kapasite eğrileri verilmiştir. Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’de ise zemin kat yüksekliği 4.5 m olan asmolen döşemeli binanın, X ve Y doğrultusuna ait kapasite eğrileri verilmiştir.



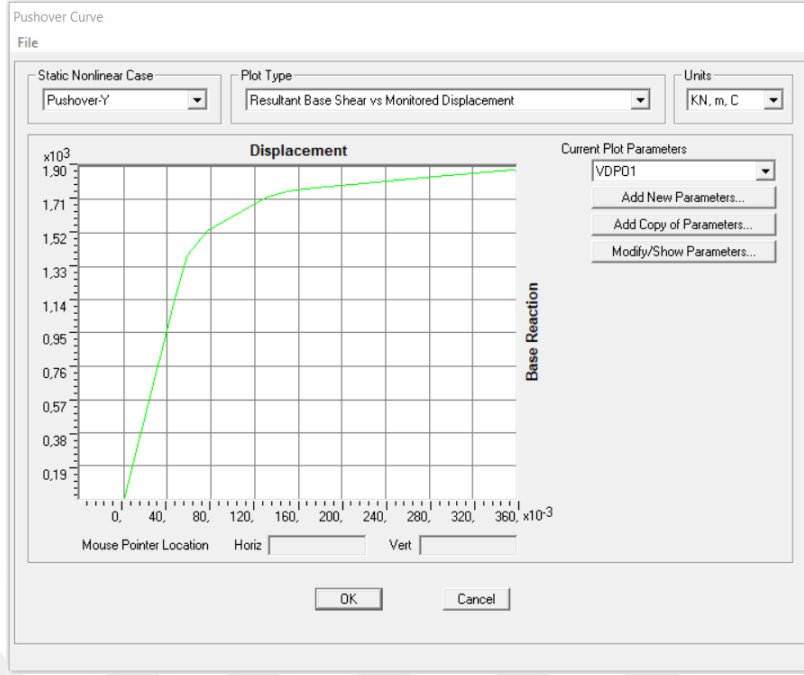
Şekil 5.9 Zemin kat yüksekliği 3 m olan 5 katlı asmolen döşemeli binanın X doğrultusunda kapasite eğrisi



Şekil 5.10 Zemin kat yüksekliği 3 m olan 5 katlı asmolen döşemeli binanın Y doğrultusunda kapasite eğrisi

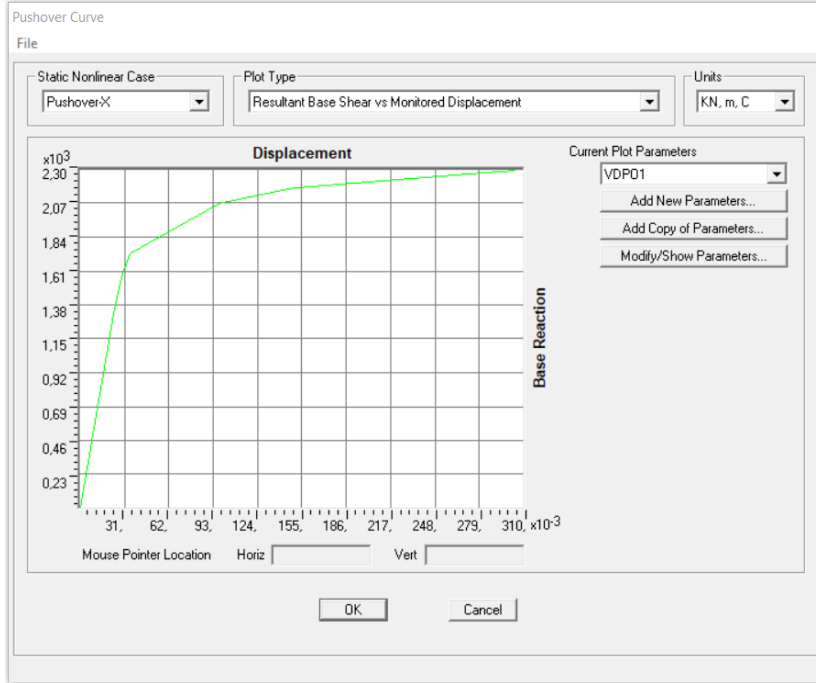


Şekil 5.11 Zemin kat yüksekliği 4.5 m olan 5 katlı asmolen döşemeli binanın X doğrultusunda kapasite eğrisi

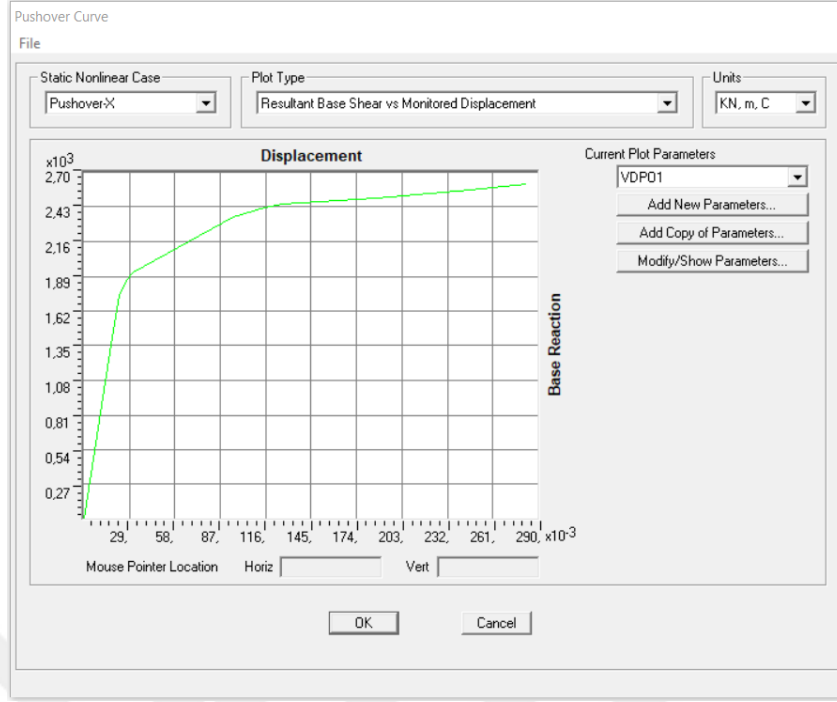


Şekil 5.12 Zemin kat yüksekliği 4.5 m olan 5 katlı asmolen döşemeli binanın Y doğrultusunda kapasite eğrisi

Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’da kiriş yükseklikleri 50 cm ve 60 cm olan kirişli plak döşemelerin kapasite eğrileri verilmiştir.

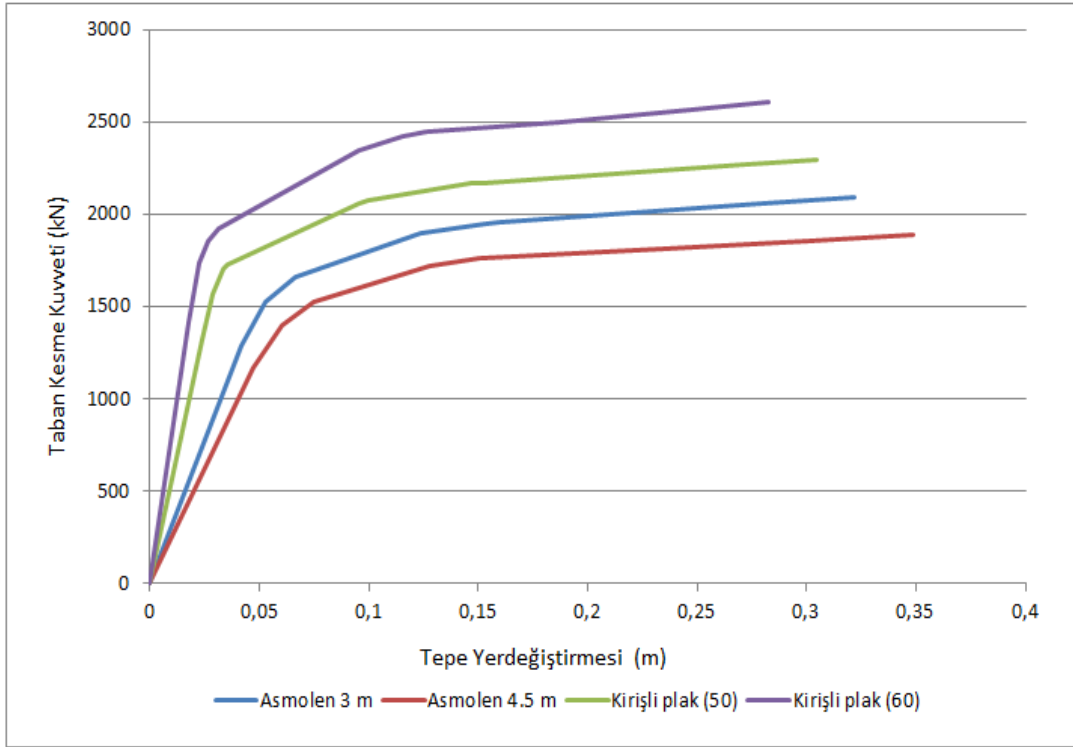


Şekil 5.13 Kiriş yüksekliği 50 cm olan 5 katlı kirişli plak döşemeli binanın kapasite eğrisi



Şekil 5.14 Kiriş yüksekliği 60 cm olan 5 katlı kirişli plak döşemeli binanın kapasite eğrisi

5 katlı asmolen döşemeli ve kirişli plak döşemeli betonarme binaların kapasite eğrileri arasındaki farkın görülebilmesi için, bu binalara ait kapasite eğrileri Şekil 5.15’de toplu olarak verilmiştir. Asmolen döşemeli betonarme binaların her iki doğrultusuna ait kapasite eğrileri birbirine çok yakın çıktığı için, grafikte daha sade bir görünüm için, grafiğin üzerinde sadece X doğrultusuna ait kapasite eğrileri verilmiştir. Asmolen döşemeli betonarme binalarda binanın iki doğrultusu arasında, kapasite eğrilerinde meydana gelen bu küçük farkın nedeni, döşeme dışlarının modellemeye katılmasa da yüklerinin kalıp planında mesnetlendikleri kirişler üzerine tanımlanmasıdır. İki doğrultu arasında, döşeme yüklerinin mesnetlendikleri kirişlere aktarılmasından dolayı, X ve Y doğrultusuna ait kapasite eğrilerinde küçük farklar oluşmuştur.



Şekil 5.15 Asmolen ve kirişli plak döşemeli 5 katlı betonarme binaların kapasite eğrileri

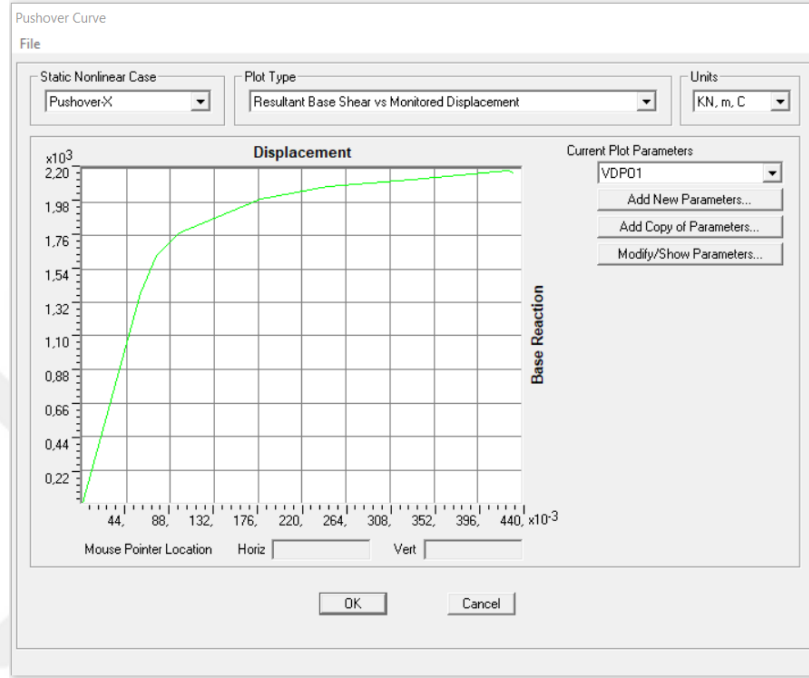
Şekil 5.15’de görülen kapasite eğrileri incelendiğinde;

- Zemin kat yüksekliğinin 3 m’den 4.5 m’ye çıkarılması durumunda, asmolen döşemeli binaların taşıdığı maksimum taban kesme kuvveti yaklaşık %10 azalmıştır.
- 3 m zemin kat yüksekliğine sahip 5 katlı asmolen döşemeli ve kirişli plak döşemeli betonarme binalar karşılaştırıldığında, 60 cm kiriş yüksekliğine sahip kirişli plak döşemeli betonarme binanın taşıdığı maksimum taban kesme kuvveti, asmolen döşemeli betonarme binanın taşıdığından yaklaşık % 25 daha fazladır. 50 cm kiriş yüksekliğine sahip kirişli plak döşemeli betonarme binanın taşıdığı maksimum taban kesme kuvveti, asmolen döşemeli betonarme binanın taşıdığından yaklaşık %10 daha fazladır.

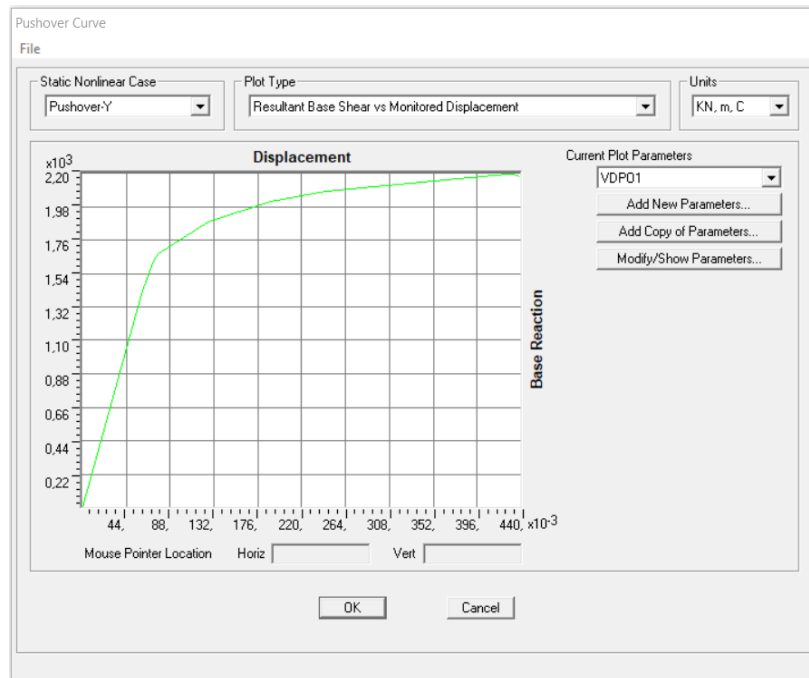
5.2.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile 7 Katlı Betonarme Binaların Analizi

5 katlı betonarme binalarda kapasite eğrilerinde yapılan karşılaştırmanın, daha yüksek katlı binalarda da yapılması amacıyla 7 katlı asmolen ve kirişli plak döşemeli betonarme binalar tasarlanmış ve bu binaların Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile doğrusal

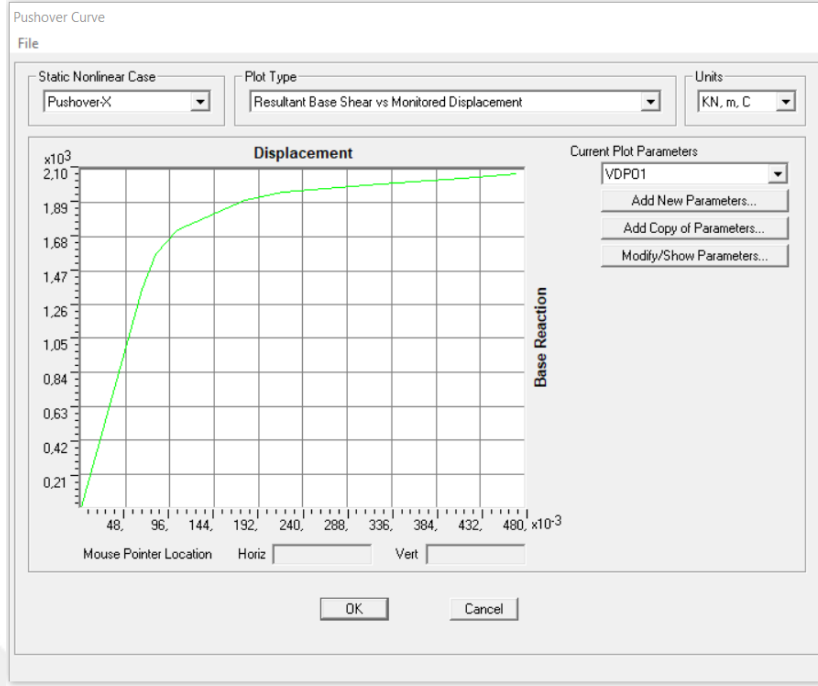
olmayan analizleri yapılmıştır. Şekil 5.16 ve Şekil 5.17’de zemin kat yüksekliği 3 m olan asmolon döşemeli binanın, X ve Y doğrultusundaki kapasite eğrileri verilmiştir. Şekil 5.18 ve Şekil 5.19’de ise zemin kat yüksekliği 4.5 m olan asmolon döşemeli binanın, X ve Y doğrultusuna ait kapasite eğrileri verilmiştir.



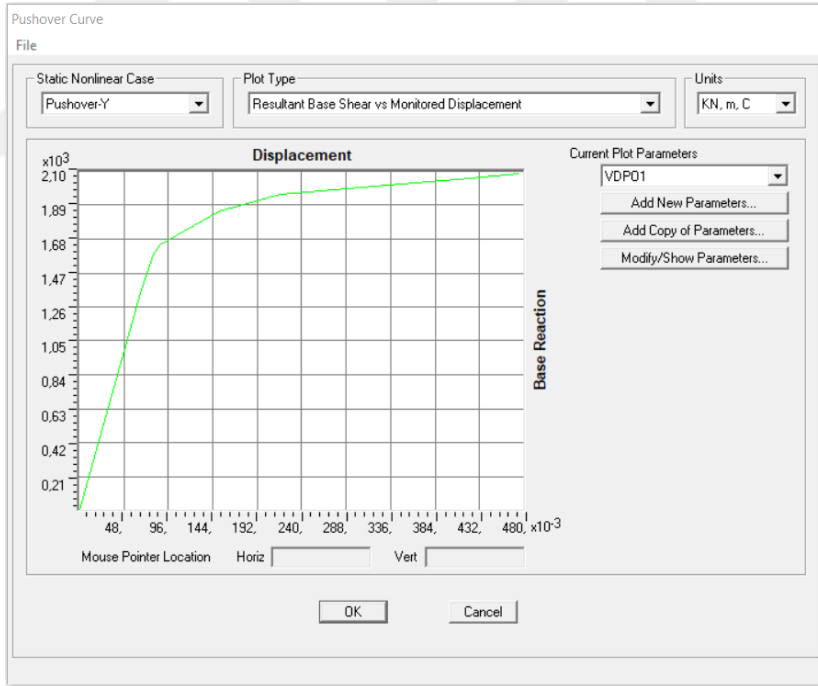
Şekil 5.16 Zemin kat yüksekliği 3 m olan 7 katlı asmolon döşemeli binanın X doğrultusunda kapasite eğrisi



Şekil 5.17 Zemin kat yüksekliği 3 m olan 7 katlı asmolon döşemeli binanın Y doğrultusunda kapasite eğrisi

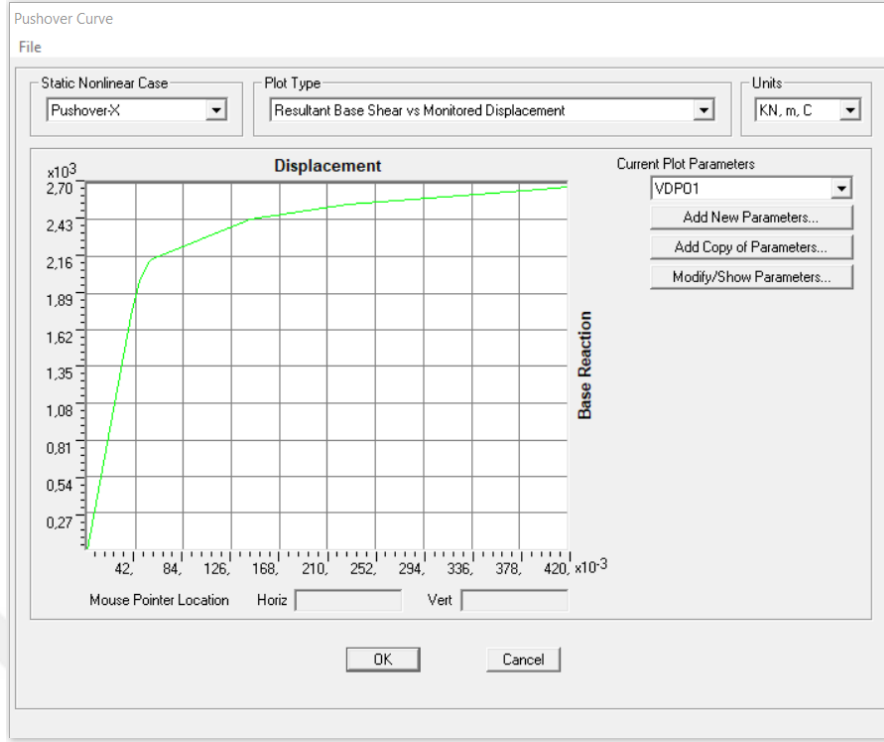


Şekil 5.18 Zemin kat yüksekliği 4.5 m olan 7 katlı asmolen döşemeli binanın X doğrultusunda kapasite eğrisi

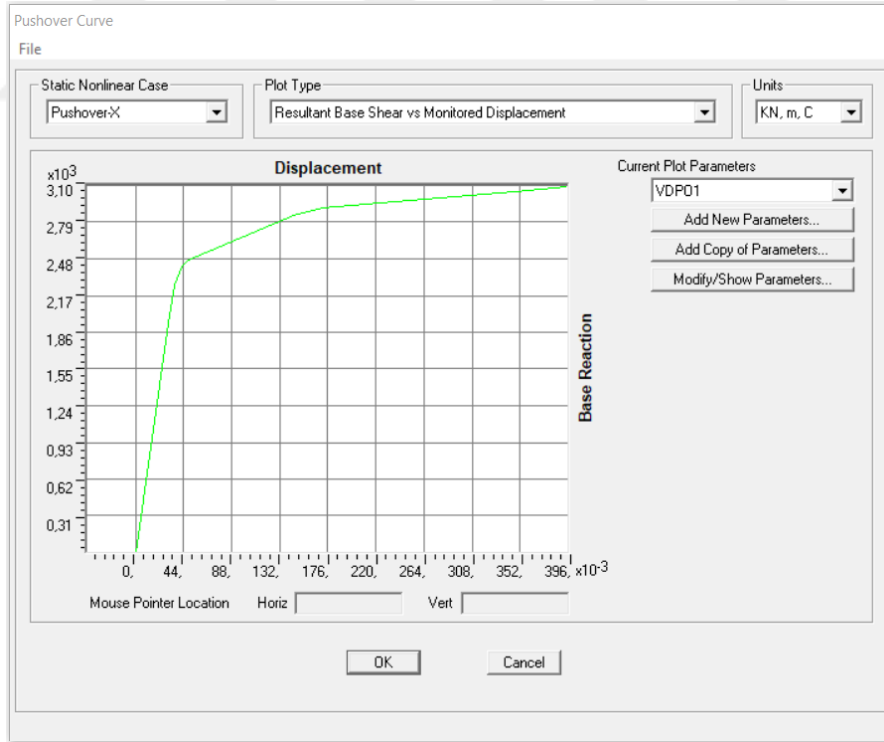


Şekil 5.19 Zemin kat yüksekliği 4.5 m olan 7 katlı asmolen döşemeli binanın Y doğrultusunda kapasite eğrisi

Şekil 5.20 ve 5.21’de kiriş yükseklikleri 50 cm ve 60 cm olan 7 katlı kirişli plak döşemeli betonarme binaların kapasite eğrileri verilmiştir.

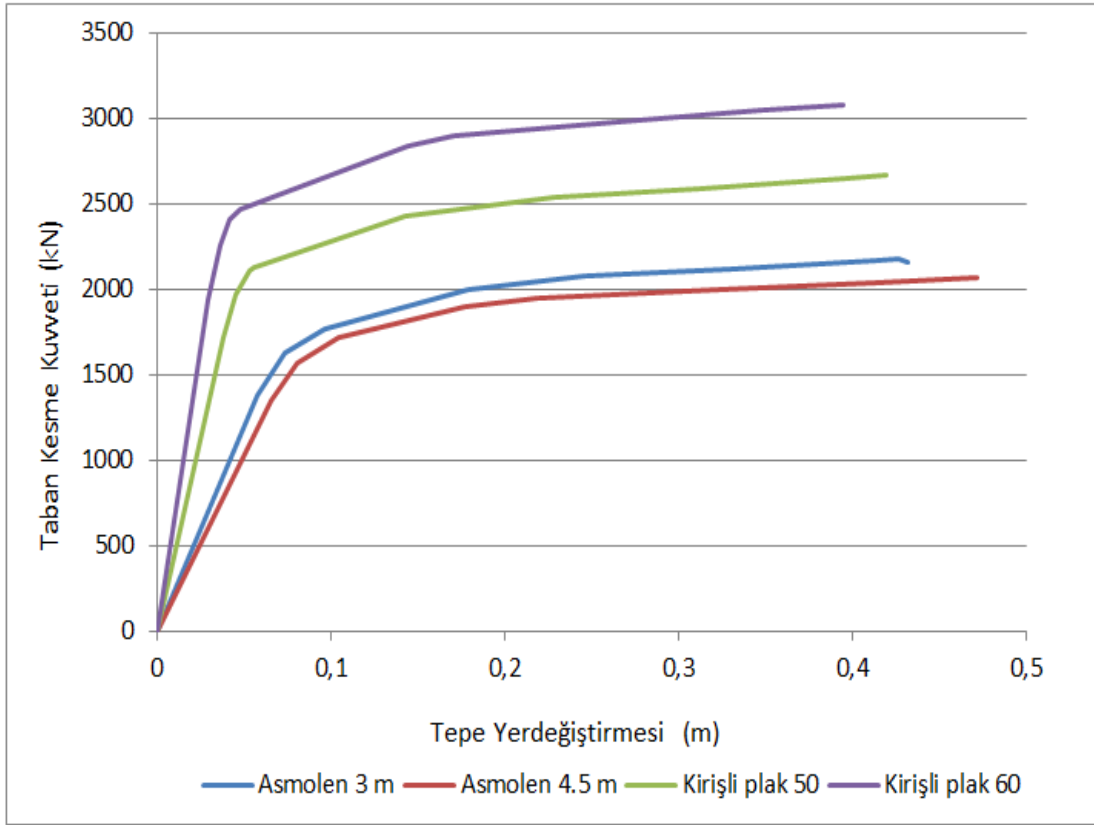


Şekil 5.20 Kiriş yüksekliği 50 cm olan 7 katlı kirişli plak döşemeli binanın kapasite eğrisi



Şekil 5.21 Kiriş yüksekliği 60 cm olan 7 katlı kirişli plak döşemeli binanın kapasite eğrisi

7 katlı asmolen döşemeli ve kirişli plak döşemeli betonarme binaların kapasite eğrileri Şekil 5.22’de toplu olarak sunulmuştur.



şekil 5.22 Asmolen ve kirişli plak döşemeli 7 katlı betonarme binaların kapasite eğrileri

şekil 5.22’de gőrőlen kapasite eğrileri incelendiğinde;

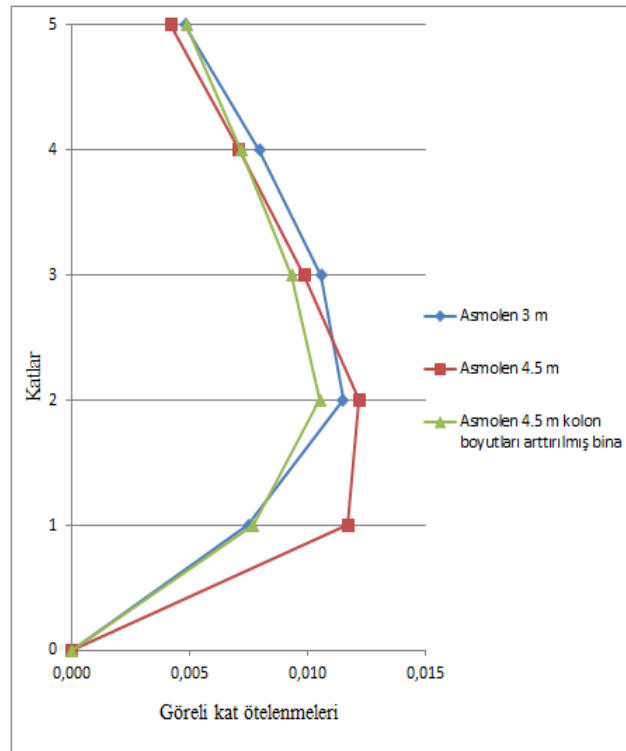
- Zemin kat yőkseklięinin 3 m’den 4.5 m’ye çıkarılması durumunda, asmolen döşemeli betonarme binaların taşıdığı maksimum taban kesme kuvveti yaklaşık %5 azalmıştır.
- 3 m zemin kat yőkseklięine sahip 7 katlı betonarme binalar karşılaştırıldığında 50 cm kiriş yőkseklięine sahip kirişli plak döşemeli betonarme binanın taşıdığı maksimum taban kesme kuvveti, asmolen döşemeli betonarme binanın taşıdığından yaklaşık % 20 daha fazladır. 60 cm kiriş yőkseklięine sahip kirişli plak döşemeli betonarme binanın taşıdığı maksimum taban kesme kuvveti, asmolen döşemeli betonarme binanın taşıdığından yaklaşık % 40 daha fazladır.

5.3. Asmolen Döşemeli 5 Katlı Betonarme Binanın Kolon Boyutlarının Arttırılması

Asmolen döşemeli betonarme binaların gösterdikleri düşük dayanım, bu binalarda deprem kuvvetlerine karşı tedbir alınması gerektiğini göstermektedir. Bu binaların yatay ötelenme rijitliklerini arttıracak tedbirlerin alınması uygun olacaktır. Ince vd., (2018) tarafından yapılan çalışmada, asmolen döşemeli betonarme binalarda yumuşak kat düzensizliği riski bulunması durumunda, deprem perdelerinin kullanılmasını önerilmiştir (Ince, 2018). Betonarme perdelerin bina rijitliğini arttırdığı ve görelî kat ötelenmelerini sınırladığı bilinen bir durumdur ve birçok çalışmada bina dayanımlarının artması için betonarme perdelerin kullanılması önerilmektedir (Öztürk, 2013; Doğangün, 2004).

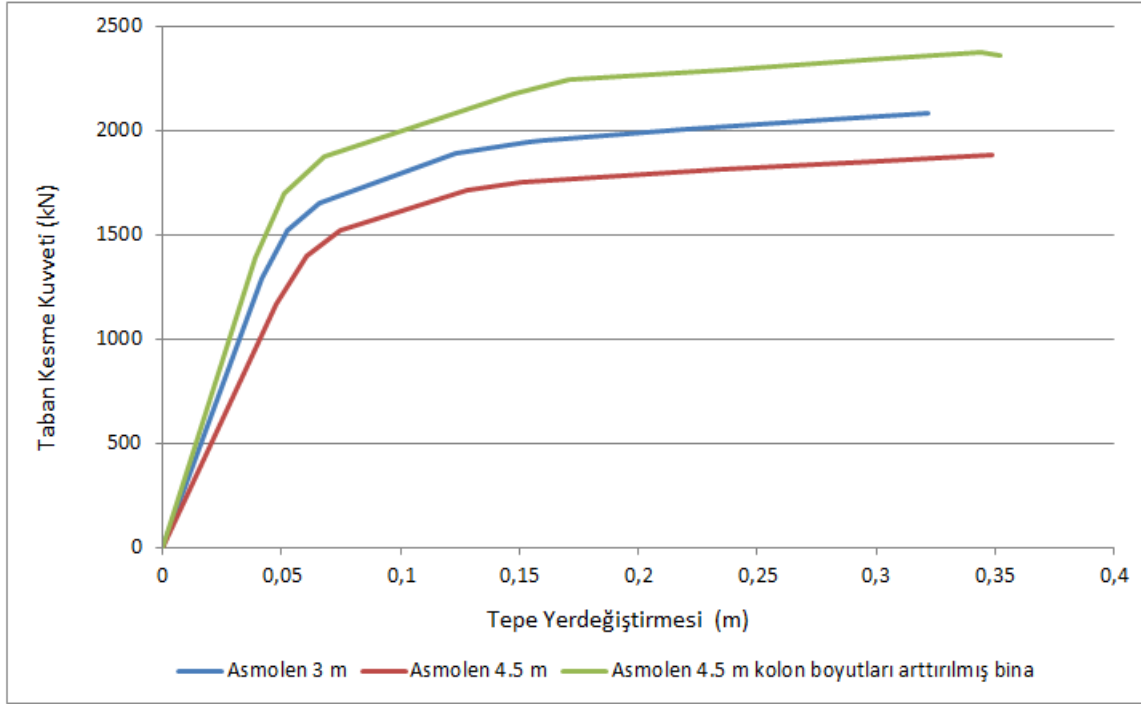
Bu çalışmada ise asmolen döşemeli betonarme binaların deprem dayanımlarının arttırılması için perde kullanımı dışında kolon boyutlarının arttırılması durumu incelenecektir.

Asmolen döşemeli betonarme bir binadaki görelî kat ötelenmelerinin düşürülmesi ve kapasitesinin arttırılması amacıyla kolon boyutları arttırılmıştır. Bu binaya ait görelî kat ötelenmeleri karşılaştırmalı olarak Şekil 5.23’de verilmiştir. Kolon boyutları arttırılmış binanın kapasite eğrileri, karşılaştırmalı olarak Şekil 5.24’de verilmiştir.



Şekil 5.23 Kolon boyutları arttırılmış binanın görelî kat ötelenmeleri

Asmolen döşemeli ve zemin kat yüksekliği 4.5 m olan betonarme binanın tüm kolon boyutlarının 500/500 mm'den 650/650 mm'ye arttırılması durumunda, zemin kat görel kat ötelenmelerinin, 3 m zemin kat yüksekliğine sahip binayla nerdeyse aynı olduğu görülmüştür.



Şekil 5.24 Asmolen döşemeli 5 katlı betonarme binaların kapasite eğrileri

Asmolen döşemeli ve zemin kat yüksekliği 4.5 m olan betonarme binanın kolon boyutlarının 500/500 mm'den 650/650 mm'ye arttırılması durumunda, 4.5 m zemin kat yüksekliğine sahip binanın taşıdığı maksimum taban kesme kuvveti %25 artmıştır (Şekil 5.24).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Asmolen döşemeler, düz bir tavan yüzeyi sağlamaları sayesinde, kat yüksekliklerinin etkili kullanımında ve iç mekan tasarımında avantajlar sağlamaktadır. Mimari avantajlarının yanında, inşa sırasında sağladıkları kalıp, işçilik ve sıva maliyetini düşürmek ve ayrıca inşa süresini kısaltmak gibi avantajları sayesinde, yaygın bir kullanıma sahiptir. Fakat sağladığı bu avantajlara karşın, düz tavan yüzeyinin sağlanması, döşeme ile aynı yükseklikteki kirişlerin kullanılmasını gerektirmektedir. Yüksekliği düşük olan bu kirişler (sığ kirişler), binanın yatay ötelenme rijitliğinin düşük olmasına dolayısıyla görelî kat ötelenmelerinin artmasına neden olmaktadır.

Asmolen döşemeli betonarme binaların düşük rijitliği, bu binaların depremlerde ağır hasarlar almasına neden olmuştur. Asmolen döşemelerin, yumuşak kat düzensizliği riski bulunan binalarda kullanılması durumunda, rijitlik ilave azalmakta ve görelî kat ötelenmeleri artmaktadır. Bu çalışmada, depremlerde ağır hasarlara neden olan yumuşak kat düzensizliğinin, asmolen döşemeli betonarme binalar üzerine etkisini incelemek amacıyla, asmolen döşemeli betonarme binaların zemin kat yükseklikleri arttırılmış ve bu durumun binalar üzerine etkisi sayısal yöntem kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca asmolen döşemeler ile kirişli plak döşemeler arasında karşılaştırma yapmak amacıyla, farklı kiriş yüksekliğine sahip kirişli plak döşemeli betonarme binalar tasarlanmıştır. Ayrıca, kat adetinin etkisini görmek amacıyla, betonarme binaların tasarımları 5 ve 7 katlı olarak yapılmıştır.

Bu çalışmada, asmolen döşemeli betonarme binaların, doğrusal elastik davranışları dikkate alınarak Mod Birleştirme Yöntemi ve doğrusal elastik olmayan davranışları dikkate alınarak Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak sayısal analizleri yapılmıştır.

Asmolen döşemeli betonarme binalarda, zemin kat yüksekliğinin artması, bu binalardaki görelî kat ötelenmelerinin yaklaşık %15-55 oranında artmasına neden olmuştur. Bu artış sonucunda oluşan görelî kat ötelenmeleri DBYBHY-2007’de verilen görelî kat ötelenmesi sınırını (%2) aşmasa bile bu sınıra yaklaştığı görülmüştür. Ayrıca dolgu duvarların, bina rijitliği dolayısıyla görelî kat ötelenmeleri üzerine etkisi bu tez çalışmasında ihmal edilmiştir. Fakat dolgu duvarların bina rijitliğine katkı sağladıkları ve

zemin katlarda dolgu duvarların kaldırılmasının, zemin kat rijitliğini düşürdüğü literatürde yapılan çalışmalarda belirtilmektedir. Dolgu duvar rijitliklerinin dikkate alınması durumunda, bu binalarda oluşacak görelî kat ötelenmelerinin yönetmelik tarafından verilen sınırı geçebilme ihtimali vardır. Ayrıca bu çalışmada tasarlanan binaların düşey taşıyıcı elemanlarının simetrik olduğu, düzenli çerçeve akslarına sahip oldukları ve düşey taşıyıcıların binalarda burulma oluşturmayacak şekilde yerleştirildikleri unutulmamalıdır. Bölüm 3.6’da anlatılan mevcut uygulama hatalarına veya belirsizliklerine, mevcut binalarda sıklıkla rastlandığı ve bu durumların bina rijitliğini olumsuz yönde etkileyeceği unutulmamalıdır. Bu durumların dikkate alınmasıyla, asmolen döşemeli betonarme binalarda görelî kat ötelenmelerinin sınırlandırılması gerektiği görülmektedir.

Asmolen döşemeli betonarme binaların kapasite eğrileri incelendiğinde, zemin kat yüksekliğinin 3 m’den 4.5 m’ye artması, binalar tarafından karşılanan maksimum taban kesme kuvvetinin yaklaşık %5-10 oranında düşmesine neden olmuştur.

Zemin kat yüksekliği 3 m olan binalar incelendiğinde, asmolen döşemeli betonarme binaların zemin katında oluşan görelî kat ötelenmelerinin, kirişli plak döşemeli betonarme binalarda oluşan görelî kat ötelenmelerinden yaklaşık %15-60 oranında daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durum asmolen döşemeli betonarme binaların tasarımında daha dikkatli olunması gerektiğini ve bu döşeme tipine sahip binalarda görelî kat ötelenmelerini sınırlayıcı tedbirlerin alınmasının gerektiğini göstermektedir.

Asmolen döşemeli ve kirişli plak döşemeli 3m zemin kat yüksekliğine sahip betonarme binaların kapasite eğrileri incelendiğinde, kirişli plak döşemeli betonarme binaların taşıdığı maksimum taban kesme kuvvetlerinin, asmolen döşemeli betonarme binaların maksimum taban kesme kuvvetlerinden yaklaşık %10-40 oranında daha fazla olduğu görülmüştür.

Yukarıda bahsedilen sonuçlar dikkate alındığında, asmolen döşemeli betonarme binaların deprem dayanımlarının, kirişli plak döşemeli binalardan daha zayıf olduğu görülmüştür. Ayrıca asmolen döşemelerin, yumuşak kat düzensizliği bulunan binalarda kullanılması durumunda, zaten düşük rijitliğe sahip olan bu binalarda rijitliğin daha da azalacağı ve görelî kat ötelenmelerini artacağı görülmüştür. Yumuşak kat düzensizliği riski bulunan asmolen döşemeli betonarme binalarda, görelî kat ötelenmelerini sınırlayıcı tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, yumuşak kat düzensizliği bulunan betonarme binaların deprem dayanımlarının artması için kolon boyutları arttırılmıştır. Kolon boyutlarının arttırılması durumunda 4.5 m zemin kat yüksekliğine sahip asmolen döşemeli betonarme binanın,

zemin katındaki görelî kat ötelenmesi azalmış ve maksimum taşınan taban kesme kuvveti artmıştır. Fakat kolon boyutlarındaki bu artışın, betonarme perde kullanılmasına kıyasla, ekonomik olup olmayacağı ve deprem dayanımı açısından etkisi incelenmelidir.

Bu tez çalışmasında asmolen döşemeli betonarme binaların modellenmesinde döşeme dışları ihmal edilmiştir. Fakat daha detaylı çalışmalarda yapılacak modellemelerde, döşeme dışlarının etkisinin de dikkate alınmasının daha gerçekçi olacağı belirtilmelidir.

Döşeme dış doğrultularının, kalıp planı içerisinde şaşırtmalı olarak seçilmesi binanın iki doğrultusunun benzer özellik göstermesini sağlasa da, döşeme süreksizliğini bozacağı dikkate alınmalıdır. Döşeme dış doğrultusunun seçiminde hangi durumun daha uygun olacağının, detaylı çalışmalarla incelenmesi gerekmektedir.

Asmolen döşemelerde yaygın olarak kullanılan sığ kirişlerde, kiriş yüksekliğinden kaynaklanan düşük rijitlik, kiriş genişliği artırılarak telafi edilmeye çalışılmaktadır. Hatta çoğu zaman kiriş genişliği kolon genişliğini aşarak, geniş kiriş-kolon birleşim bölgeleri oluşmaktadır. Geniş kirişlerde düşük rijitliğe ilaveten, deprem yüklerinin kolonlara aktarılmasında sorunlar oluşmaktadır. Geniş kirişlerin deprem enerjisi sönümleme kapasiteleri düşük olmaktadır ve kolon dışından geçen kiriş donatılarında zayıf aderans koşulları oluşmaktadır. Ayrıca enine kirişin yeterli burulma rijitliğine sahip olmaması durumunda birleşim bölgesi tam kapasitesine ulaşamamaktadır. Geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinde, meydana gelen bu sorunlar genellikle tasarımlarda ihmal edilmektedir. Geniş kiriş-kolon birleşim bölgelerinde oluşan bu belirsizliklerin giderilmesi ve asmolen döşemelerin deprem davranışlarının daha iyi anlaşılıp geliştirilmesi için detaylı deneysel ve sayısal çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- ACI-ASCE**, 1991. Recommendations for Design of Beam-Column Joints in Monolithic Reinforced Concrete Structures, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- ACI 318**, 1995. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI318-95) and Commentary (ACI318R-95), American Concrete Institute Committee 318, Farmington Hills, MI.
- ACI 318**, 1999. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI318-99) and Commentary (ACI318R-99), American Concrete Institute Committee 318, Farmington Hills, MI.
- ACI 318**, 2005. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI318-05) and Commentary (ACI318R-05), American Concrete Institute Committee 318, Farmington Hills, MI.
- ACI 318**, 2008. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI318-08) and Commentary (ACI318R-08), American Concrete Institute Committee 318, Farmington Hills, MI.
- Adalier K. and Aydingun, O.**, 2001. Structural engineering aspects of the June 27, 1998 Adana-Ceyhan (Turkey) Earthquake, *Engineering Structures*, 23(4), 343-355.
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik**, 1968. *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik**, 1975. *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik**, 1998. *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- Altuntop, M.A.**, 2007, Analysis of Building Structures With Soft Stories. Master Thesis, Atılım University, Ankara, Turkey.
- Aka, İ., Keskinel, F., Çılı, F. ve Çelik, O.C.**, 2001. Betonarme, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- ATC-40**, 1996, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Applied Technology Council, California.
- Benavent-Climent, A.**, 2007. Seismic Behavior of RC wide beam-column connections under dynamic loading, *Journal of Earthquake Engineering*, 11(4), 493-511.

- Benavent-Climent, A., Cahís, X. and Zahran, R.,** 2009. Exterior wide beam-column connections in existing RC frames subjected to lateral earthquake loads. *Engineering Structures*, 31(7), 1414-1424.
- Benavent-Climent, A., Cahís, X. and Vico, J.M.,** 2010. Interior wide beam-column connections in existing RC frames subjected to lateral earthquake loading. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 8(2), 401-420.
- Celep, Z.,** 2009. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Celep, Z.,** 2017. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Birol, T.,** 2010, Yumuşak Kat Düzensizliğinin Betonarme Bina Performansına Etkisi Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye.
- Doğangün, A.,** 2004. Performance of reinforced concrete buildings during the May 1, 2003 Bingöl Earthquake in Turkey. *Engineering Structures*, 26(6): p. 841-856.
- Doğangün, A.,** 2008. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul
- Domínguez, D., López-Almansa, F., Benavent-Climent, A.,** 2016. Would RC wide beam buildings in Spain have survived Lorca earthquake (11-05-2011)?. *Engineering Structures*, 108: p. 134-154.
- Dönmez, C.,** 2013, Türkiye’deki Asmolen Döşemelerin Deprem Yeterliliği Konusunda Bir İrdeleme, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay, 25-27 Eylül.
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik,** 2007. *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- Ersoy, U.,** 1995. Betonarme 2 Döşeme Ve Temeller, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- EN 1998-1,** 2004. Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance—Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings, European Committee for Standardization, Brussels.
- FEMA-356,** 2000. Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- Gentry, T. R.,** 1992. Reinforced concrete wide beam-column connections under earthquake type loading, *PhD Thesis*, The University of Michigan, USA.
- Güngör, İ.,** 2014, Dışlı Döşemeli ve Geniş kirişli Betonarme Binaların Deprem Performansları Üzerine Sayısal İncelemeler, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye.

- Hatamoto, H., Bessho S. and Matsuzaki, Y.**, 1991. Reinforced concrete wide-beam-to-column subassemblages subjected to lateral load, ACI Publications SP-123, 291–316.
- Ince, O., Sahin, H., Alyamac, K.E., Ulucan, Z.C.**, 2018. Investigation of Soft Stories in Buildings with Hollow Block Slab, Turkish Journal of Science & Tecnology, Volume 13(1), 37-44.
- Işık, E., Özdemir, M., Kutanis, M.**, 2016, Farklı Zemin Kat Yüksekliklerinin Yapı Performansına Etkisi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Fakültesi, 7(3), 445-454.
- Işık, G.**, 2006, Betonarme Binaların Zemin Katında Oluşabilen Kısa Kolon ve Yumuşak Kat Davranışının İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
- Karasu, T.O.**, 2011, Yumuşak Kat Düzensizliği Bulunan Betonarme Bir Yapının TDY 2007'ye Göre Performans Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye.
- LaFave, J.M., Wight J.K.**, 1999. Reinforced concrete exterior wide beam-column-slab connections subjected to lateral earthquake loading. ACI Structural Journal, 96(4):p.577-585.
- NZSA**, 1985. Standard for the design of concrete structures (NZS3101-85), New Zealand Standards Authority, New Zealand.
- NZSA**, 1995. Standard for the design of concrete structures (NZS3101-95), New Zealand Standards Authority, New Zealand.
- ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi**, 2012. 9 Kasım 2011 M_w 5.6 Van-Edremit Depremi Sismik ve Yapısal Hasara İlişkin Gözlemler, Rapor No: METU-EERC / İMO 2012-01, Ankara, Türkiye.
- Oğuz, S.**, (2005), Evaluation of Pushover Analysis Procedures for Frame Structures. *Master Thesis*, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Özdaş, A.**, (2006), Asmolen Döşemeli Betonarme Yapıların Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
- Ozturk, M.**, 2013. Field Reconnaissance of the October 23, 2011, Van, Turkey, Earthquake: Lessons from Structural Damages, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 29(5): 04014125.
- Popov, E. P., Cohen, J. M., Koso-Thomas, K., Kasai, K.**, Behavior of interior narrow and wide beams. ACI Structural Journal, 89(6), 607-616.

SAP2000. Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computer and Structures Inc., Berkeley, California, USA.

Sezen, H., Elwood, K. J., Whittaker, A. S., Mosalam, K. M., Wallace, J. W. and Stanton, J. F., 2000. Structural Engineering Reconnaissance of the August 17, 1999 Kocaeli (Izmit), Turkey, Earthquake, PEER 2000/09, Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, USA.

Siah, W.L., Stehle, J.S., Mendis, P, Goldsworthy, H., 2003. Interior wide beam connections subjected to lateral earthquake loading. *Engineering Structures*, 25: p. 281-291.

SMC, 1994. Spanish ministry of construction, Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-94, Spain.

SMC, 2002. Spanish ministry of construction, Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, Spain.

Şahin, H. ve Alyamaç, K. E., 2017. Asmolen Döşeme Sistemlerinde Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinin Davranışı Hususunda Genel Bir Değerlendirilme, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 29(1), 121-132.

TS 500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

İdeCAD, Yapı Analiz Programı, <http://www.idecad.com.tr/>.

Yön, B., (2007), Betonarme Bimnaların Statik İtme Analizi ile Performanslarının Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye.

Quintero-Febres, C.G., Wight, J.K., 2001. Experimental study of reinforced concrete interior wide beam-column connections subjected to lateral loading. *ACI Structural Journal*, 98(4): p. 572-582.

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Ozan İNCE
Doğum Tarihi ve Yeri : 1994, Elazığ
E-posta : o.ince@firat.edu.tr

Öğrenim Bilgileri:

Lise : Necip Fazıl Kısakürek Anadolu Lisesi (2008-2012)
Lisans : Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği
Bölümü (2012-2016) (Mühendislik Fakültesi Birinciliği)

Mesleki Deneyim : Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
(2017 - Devam Ediyor)