

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOLGU DUVAR ÖZELLİKLERİNİN BETONARME BİNA
PERFORMANSINA ETKİSİ**

Sinan KAÇIM

**Danışman
Prof. Dr. Fuat DEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2018**



© 2018 [Sinan KAÇIM]

TEZ ONAYI

Sinan KAÇIM tarafından hazırlanan " **Dolgu Duvar Özelliklerinin Betonarme Bina Performansına Etkisi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Fuat DEMİR
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Hamide TEKELİ
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Hakan ULUTAŞ
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yasin TUNCER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Sinan KAÇIM

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
3. BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	10
3.1. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	10
3.1.1. Kesit hasar sınırları.....	10
3.1.2. Kesit hasar bölgeleri	10
3.2. Bina Deprem Performans Düzeyinin Belirlenmesi	11
3.2.1. Hemen kullanım (HK) performans düzeyi.....	12
3.2.2. Can güvenliği (CG) performans düzeyi.....	12
3.2.3. Göçme öncesi (GÖ) performans düzeyi.....	13
3.2.4. Göçme durumu (GD).....	14
3.3. Binalarda Deprem Etkisi.....	14
3.4. Mevcut Binalarda Hedeflenen Bina Performans Düzeyleri	14
4. DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ.....	16
4.1. Plastik Mafsalların Modellenmesi	17
4.2. Dolgu Duvarların Modellenmesi	19
4.2.1. Diyagonal eşdeğer basınç çubuğu yöntemi.....	19
4.3. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Tek Modlu Statik İtme)	24
4.3.1. Kapasite eğrisinin koordinat dönüşümünün yapılması.....	26
4.3.2. Tepe yer değiştirme isteminin belirlenmesi	27
4.3.3. Birim şekil değiştirme istemlerinin bulunması.....	30
4.4. Mander Sargılı-Sargısız Beton Modeli	30
4.5. Donatı Çeliği Modeli.....	33
5. KULLANILAN PROGRAMLAR.....	35

5.1. Betonarme Elemanlarda Sargı Modellenmesi (BESAM).....	35
5.2. Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Programı (DELOP).....	37
5.3. SAP 2000 Analiz Programı	38
6. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	39
6.1. Seçilen Betonarme Binaların Tanıtılması.....	39
6.2. Betonarme Binaların Bilgileri Ve Performans Sonuçları.....	42
6.2.1. Performans seviyesi ve doğal titreşim periyodu (T) sonuçları.....	42
6.2.2. Binaların kapasite eğrileri	49
7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	57
KAYNAKLAR	59
EKLER.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	109



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOLGU DUVAR ÖZELLİKLERİNİN BETONARME BİNA PERFORMANSINA ETKİSİ

Sinan KAÇIM

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fuat DEMİR

Türkiye’de bulunan binaların büyük bir kısmı deprem kuşağı üzerinde çok katlı betonarme binalardan oluşmaktadır. Bu nedenle olası bir depremde hasar, mal ve can kaybını en aza indirmek gerekir.

Çok katlı betonarme binalarda genellikle yapıyı bölümlere ayırmak için dolgu duvarlar kullanılmaktadır. Fakat dolgu duvarlar bina davranışını olumlu yada olumsuz olarak etkilemektedir. Dolayısıyla binada oluşabilecek gerçek davranışın hesaplara yansıtılabilmesi için yapısal modellemelere dolgu duvarların dahil edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, Deprem Yönetmeliğinin son bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde dolgu duvar mekanik özelliklerinin bina performansına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla farklı dolgu duvar kalınlıkları ve seviyeleri belirlenerek kıyaslamalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme çerçeve, Dolgu duvar, Performans

2018, 107 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE EFFECT OF INFILL WALL PROPERTIES ON THE R.C. BUILDINGS PERFORMANCE

Sinan KAÇIM

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Fuat DEMİR

A large portion of the buildings located in Turkey is under seismic risk. For this reason, it is necessary to minimize the damage, the financial loss and civil casualties in a possible earthquake.

In multi-storey reinforced concrete buildings, infill walls are usually used to separate the building sections. However, it is known that infill walls affect building seismic behavior. Therefore, in order to reflect the actual behavior that may occur in the building, infill walls should be included in structural modeling.

In this study, the mechanical properties of infill on the building performance was examined within the framework of the principles stated in the last section of the Earthquake Regulations. For this purpose different infill wall thicknesses were determined and compared.

Keywords: Wall properties, Building performance, reinforced concrete frame

2018, 107 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni ynlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrbesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışmanım Prof. Dr. Fuat DEMİR, Dr. Öğr. Üyesi Hamide TEKELİ' ye teőekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda, zmlmelerde ve değerlendirmelerde vermiş olduğu destekten dolayı Dr. Hakan DİLMAÇ' a ve Dr. Öğr. Üyesi Hakan ULUTAŞ' a teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme ve arkadaşım Gürkan KARAGÖZ'e sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Sinan KAIM
ISPARTA, 2018



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri	11
Şekil 4.1. Pekleşmeli ve pekleşmesiz durumlar için moment-dönme ilişkisi.....	18
Şekil 4.2. Yatay yüke maruz çerçevedeki dolgu duvarın modellenmesi	19
Şekil 4.3. Dolgu duvarların eşdeğer köşegen basınç çubuğu	20
Şekil 4.4. Çerçeveye atanan mafsallar.....	21
Şekil 4.5. Sınır değerlerin moment dönme ilişkisi üzerinde gösterilmesi	22
Şekil 4.6. Dolgu duvar mafsal özellikleri.....	23
Şekil 4.7. Statik itme eğrisi ve modal kapasite eğrisi.....	25
Şekil 4.8. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu.....	27
Şekil 4.9. Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme.....	29
Şekil 4.10. Sargılı ve sargısız betonun gerilme şekil değiştirme ilişkisi	33
Şekil 4.11. Donatının gerilme - şekil değiştirme ilişkisi.....	34
Şekil 5.1. BESAM programı veri giriş ekranı	36
Şekil 5.2. DELOP programı veri giriş ekranı.....	37
Şekil 6.1. Her iki yöndeki bina periyodlarındaki değişim ($f_{duvar} = 2$ MPa)	47
Şekil 6.2. Her iki yöndeki bina periyodlarındaki değişim ($f_{duvar} = 3$ MPa).....	48
Şekil 6.3. Mevcut 5 katlı binaların kapasite eğrileri	50
Şekil B.1. Her iki yöndeki bina periyodlarındaki değişim ($f_{duvar} = 5$ MPa).....	73
Şekil B.2. Her iki yöndeki bina periyodlarındaki değişim ($f_{duvar} = 13$ MPa).....	72
Şekil B.3. Her iki yöndeki bina periyodlarındaki değişim ($t_{duvar} = 9$ cm)	75
Şekil B.4. Her iki yöndeki bina periyodlarındaki değişim ($t_{duvar} = 13$ cm).....	76
Şekil B.5. Her iki yöndeki bina periyodlarındaki değişim ($t_{duvar} = 19$ cm).....	77
Şekil B.6. Mevcut 2 katlı binaların kapasite eğrileri.....	78
Şekil B.7. Mevcut 3 katlı binaların kapasite eğrileri.....	85
Şekil B.8. Mevcut 4 katlı binaların kapasite eğrileri.....	92
Şekil C.1. AFY-1 binasına ait kalıp planı (2 katlı)	99
Şekil C.2. İZM-1 binasına ait kalıp planı (2 katlı).....	100
Şekil C.3. AFY-2 binasına ait kalıp planı (3 katlı)	101
Şekil C.4. AFY-4 binasına ait kalıp planı (4 katlı)	102
Şekil C.5. BUR-3 binasına ait kalıp planı (4 katlı).....	103
Şekil C.6. AFY-5 binasına ait kalıp planı (5 katlı)	104
Şekil C.7. AFY-6 binasına ait kalıp planı (5 katlı)	105
Şekil C.8. AFY-7 binasına ait kalıp planı (5 katlı)	106

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Deprem etkileri.....	14
Çizelge 3.2. Binalar için hedeflenen performans seviyeleri	15
Çizelge 4.1. Beton ve donatı için verilen şekil değiştirme sınır değerleri.....	16
Çizelge 4.2. Donatı için kullanılan malzeme özellikleri.....	34
Çizelge 6.1. Kat adedi ve kat yüksekliklerine göre mevcut binaların tanıtımı.....	39
Çizelge 6.2. Mevcut bina isimlerin kısaltılması ve illere göre bina sayıları.....	40
Çizelge 6.3. Tüm binalarda uygulanan f_{duvar} ve t_{duvar} değerleri	40
Çizelge 6.4. Mevcut iki ve üç katlı binaların yapısal özellikleri.....	41
Çizelge 6.5. Mevcut dört ve beş katlı binaların yapısal özellikleri.....	42
Çizelge 6.6. 5 katlı AFY-5 binasının performans sonuçları.....	44
Çizelge 6.7. 5 katlı AFY-6 binasının performans sonuçları.....	45
Çizelge 6.8. 5 katlı AFY-7 binasının performans sonuçları.....	46
Çizelge A.1. 2 katlı AFY-1 binasının performans sonuçları	64
Çizelge A.2. 2 katlı İZM-1 binasının performans sonuçları.....	65
Çizelge A.3. 2 katlı İST-1 binasının performans sonuçları	66
Çizelge A.4. 3 katlı AFY-2 binasının performans sonuçları	67
Çizelge A.5. 3 katlı BUR-1 binasının performans sonuçları.....	68
Çizelge A.6. 3 katlı BUR-2 binasının performans sonuçları.....	69
Çizelge A.7. 4 katlı AFY-3 binasının performans sonuçları	70
Çizelge A.8. 4 katlı AFY-4 binasının performans sonuçları	71
Çizelge A.9. 4 katlı BUR-3 binasının performans sonuçları.....	72

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$a_1(i)$	(i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
a_{duvar}	Eşdeğer sanal basınç çubuğunun kalınlığı
a_{y1}	Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
b	Düşey taşıyıcı elemanlar için depremde etkili olmayan yöne ait boyut
BESAM	Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme
C_{R1}	Spektral yerdeğiştirme oranı
CG	Can güvenliği performans seviyesi
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DELOP	Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Programı
$d_{i(p)}$	Modal yerdeğiştirme istemi
$d_{1(i)}$	(i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
E_c	Betonun elastisite modülü
E_s	Donatı çeliğinin elastisite modülü
$(EI)_e$	Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$	Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
f_c	Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	Sargılı beton dayanımı
f_{cm}	Mevcut beton dayanımı
f_{co}	Sargısız betonun basınç dayanımı
f_{duvar}	Duvarın basınç dayanımı
f_s	Donatı çeliğindeki gerilme
f_{su}	Donatı çeliğinin kopma dayanımı
f_{sy}	Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{yw}	Enine donatının akma dayanımı
F_m	Dolgu duvar maksimum yükü
F_y	Dolgu duvar akma yükü
GÇ	Göçme Sınırı
GD	Göçme durumu performans seviyesi
GÖ	Göçme öncesi performans seviyesi
GV	Güvenlik Sınırı
HK	Hemen kullanım performans seviyesi
h	Düşey taşıyıcı elemanlar için çalışan yön
h_{duvar}	Dolgu duvarın yüksekliği
h_k	Çerçevenin yüksekliği
I_k	Kolonun atalet momenti
İH	İleri hasar
K_1	Dolgu duvarın başlangıç rijitliği
K_2	Eksenel rijitlik
K_3	Zayıflama rijitlik
L_p	Plastik mafsal boyu
L	Çerçevenin genişliği
MH	Minimum hasar
MN	Minimum Hasar Sınırı
R_{y1}	Birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı

r_{duvar}	Dolgu duvarın köşegen uzunluğu
S_a	Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral ivme
S_{ae1}	İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elde edilen elastik spektral ivme
S_{de1}	Doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme
S_{di1}	Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
S_r	Mekanizma durumu aksenal kısalma değeri
S_y	Akma kısalması
T_A, T_B	İvme spektrumundaki karakteristik periyot
T_1	Birinci moda ait doğal titreşim periyodu
t_{duvar}	Dolgu duvarın kalınlığı
τ_{duvar}	Duvarın kayma dayanımı
$u_{(i) \times N1}$	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımında elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$u_{(p) \times N1}$	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirme istemi
W	Binanın ağırlığı
θ	Diyagonal çubuğunun açısı
Γ_{x1}	x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
ϵ_c	Beton basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_{cu}	Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_{cg}	Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_s	Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekil değiştirmesi
ϵ_{su}	Donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi
ϵ_{sy}	Donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesi
ρ_s	Kesitte mevcut bulunan enine donatının hacimsel oranı
ρ_{sm}	Kesitte bulunması gereken enine donatıların hacimsel oranı
ρ_x, ρ_y	İlgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranı
Φ_{n1}	Vektörel olarak birinci moddaki kat yerdeğiştirmesi
Φ_p	Plastik eğrilik istemi
Φ_t	Toplam eğrilik istemi
Φ_y	Eşdeğer akma eğriliği
Φ_{xN1}	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı Ve Kapsamı

Ülkemizde binaların büyük bir kısmı çok katlı betonarme bina şeklinde inşa edilmektedir. Bir yapı projesi, yapının bulunacağı ortamın şartları göz önüne alınarak hazırlanır. Bu şartların en önemlilerinden biri de o bölgenin deprem riskidir. Böylece olası bir depremde hasar, mal ve can kaybını en aza indirmek amaçlanır.

Betonarme binaların projelendirmesinde dolgu duvarlar sadece yük olarak dikkate alınmakta ve yapısal modele yansıtılmadığı için binanın davranışındaki etkileri göz ardı edilmektedir. Fakat dolgu duvarlar binaların davranışını olumlu ya da olumsuz etkileyebilmektedir. Deprem etkisindeki yapı davranışının belirlenmesinde, dolgu duvarların değerlendirmeye katılması sonucunda gerçeğe daha yakın veriler elde edilebilir. Depreme maruz bölgelerdeki mevcut binalar incelendiğinde, dolgu duvarların bina davranışı üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri gözlenebilir. Dolgu duvarlar binanın yanal rijitliğini arttırarak kesme kapasitesinin önemli miktarda artmasına neden olur. Ancak zemin kat dükkan olarak tasarlanan bazı binalarda kat yüksekliğinin fazla olmasından veya dolgu duvar bulunmamasından kaynaklanan yumuşak kat etkisiyle bu katta hasar meydana gelebilir. Bu durum şimdiye kadar yapılan literatürdeki çalışmalardan anlaşılmaktadır. Bundan dolayı yapısal modellemelere dolgu duvarların dahil edilmesi gerekmektedir.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY 2007)'ye göre bina çözümlerinde dolgu duvarlar sadece ağırlık olarak dikkate alınmaktadır. Ayrıca deprem yönetmeliğinin 7. bölümünde dolgu duvarların güçlendirilmesi için yöntemlerdede bahsedilmiştir.

Bu çalışmada, Deprem Yönetmeliğinin son bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde dolgu duvar mekanik özelliklerinin bina performansına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla açıklık sayıları ve kat adetleri değişken olmak üzere

mevcut konut türü betonarme çerçevesi binalar seçilmiştir. Beton sınıfı C20 çelik sınıfı ise S420 olarak kullanılmıştır. Binalar Afyon, İstanbul, İzmir ve Burdur illerinden seçilmiştir. Betonarme çerçeveler içerisinde bazı açıklıklara dolgu duvarlar yerleştirilmiş ve eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yöntemiyle modellenmiştir.

Çalışmada; dolgu duvarlara ait kalınlık ve basınç dayanımı değerleri değiştirilerek bu parametrelerin binanın deprem performansına etkileri incelenmiştir. Binaların deprem güvenliği " Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü " yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Çözümlenelerde BESAM, DELOP ve SAP 2000 programlarından yararlanılmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Gülkan ve Sözen (1999) tarafından yapılan çalışmada, betonarme binaların deprem güvenliğinin belirlenebilmesi için kolon ve duvar alanlarının toplam kat alanına oranı kullanılarak teorik bir yaklaşım önerilmektedir. Bu yaklaşım, dolgu duvarlı betonarme çerçeveli binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Bu esas doğrultusunda yapmış olduğu çalışmada, Erzincan depreminde gözlemlenen hasarlar göz önünde bulundurularak betonarme binaların tasarım depremi etkisindeki kat ötelemesine bir sınırlama getirilmiştir. Zemin kattaki öteleme oranının betonarme binanın deprem güvenliğinin belirlenmesinde önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir.

Al-Chaar (2002) tarafından hazırlanan çalışma da, dolgu duvarların eşdeğer basınç çubuğu modeli yardımı ile hesaplara dahil edilmesinde kullanılan yöntemlerin tanıtılması, boşluklu dolgu duvarların yapı sistemine dâhil edilmesi için kullanılabilir dolgu duvar modellemesi değerlendirilmiş ve matematiksel olarak çözüm yolları sunulmuştur.

Akkar vd. (2005) çalışmasında, çok katlı olmayan çerçeveli betonarme binaların hasar görme ihtimalini hesaplamak için bazı bağıntılar önermiştir. Bu çalışmada 2, 3, 4 ve 5 katlı toplam 32 adet binanın doğrusal elastik olmayan analizleri yapılarak, kapasite eğrileri elde edilmiştir. Bu binaların yerdeğiştirme değerleri ve yatay yük kapasite değerleri ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Binaların görelî kat ötelemelerinin akma dayanımı, akma noktası ve mekanizma durumundaki hallerinde katlara göre ortalama değerlerinin sonuçları çalışmada sunulmuştur.

İrtem vd. (2005) çalışmasında DBYBHY 2007'ye uygun olarak tasarlanmış yapı performansına dolgu duvarların etkisini araştırmıştır. Düşey yükler ve deprem yükleri altında dolgu duvarların bulunduğu ve dolgu duvarların bulunmadığı durumlar için bina modellerinin doğrusal olmayan hesap yöntemi ile analizleri yapılmış ve yapı davranışları karşılaştırılmıştır. Bina performans düzeylerini belirlemek için "Kapasite Spektrum Yöntemi" ve Deplasman Katsayıları Yöntemi"

kullanılmıştır. Dolgu duvarların konumuna ve deprem seviyelerine göre değiştiği, bilhassa şiddetli ve çok şiddetli depremler için bina performans düzeyini değiştirecek derecede olduğu ve binanın başlangıç rijitliğinin önemli oranda arttığı belirlenmiştir.

Çağlayan (2006), boşluklu ve boşluksuz dolgu duvarları, diyagonal eşdeğer basınç çubuğu ile modelleyerek dolgulu betonarme çerçevelerin doğrusal olmayan hesaba göre sonlu elemanlar metodu ile yapı dayanım ve rijitlik değişimini araştırmıştır.

Tetik (2007) yaptığı çalışmada, mevcut on iki adet binada farklı dolgu duvar yerleşimi tasarlayarak dolgu duvarların bina periyodu üzerindeki etkilerini incelemiştir. İnceleme sonucunda dolgu duvarların yapı rijitliğini ve serbest titreşim periyodunu büyük oranda değiştirdiğini görmüştür.

İnel vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada, mevcut betonarme binalardaki malzeme zayıflıklarının ve yapısal düzensizliğin bina performansı ve eleman hasarları üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bunun için 1975 Afet Yönetmeliği'ne göre tasarlanan 4 ve 7 katlı iki adet binanın farklı etriye donatısı ve malzeme özellikleri dikkate alınarak, yumuşak kat, kısa kolon, kapalı çıkma gibi düzensizliklerin bulunduğu ve bulunmadığı hallerinin doğrusal olmayan statik yöntem hesap esaslarına göre performansları belirlenmiştir.

Celep (2008) tarafından yapılan çalışmada, DBYBHY (2007)'nin yedinci bölümünde yer alan mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili verilen yöntemler üzerinde uygulamalı örnekler sunulmuştur.

Kutaniş (2008) çalışmasında DBYBHY (2007)'nin mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi için öngördüğu doğrusal elastik olmayan hesap yöntemini 2 açıklıklı 4 katlı betonarme bir bina üzerinde uygulayarak sonuçları değerlendirmiştir.

Mondal vd. (2008) yaptığı çalışmada dolgu duvarlı betonarme çerçevede merkezi boşluk olması durumunda yanal rijitliği hesaplamak için kullanılan eşdeğer basınç çubuğunun genişliği için bir indirgenme faktörü sunmuştur.

Dolsek ve Fajfar (2008) yaptıkları çalışmada dört katlı ve dolgu duvarlı bir betonarme çerçevenin doğrusal olmayan hesap yöntemini kullanarak deprem davranışını incelemişlerdir. Betonarme çerçeve için boşluksuz dolgu duvarlı, boşluklu dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız şeklinde 3 farklı durum oluşturulmuştur. İnceleme sonuçları karşılaştırıldığında dolgu duvarların yapının hasar dağılımını tamamen değiştirdiği görülmüştür.

Beklen (2009) yaptığı çalışmada binanın deprem davranışına dolgu duvarların olumlu ve olumsuz etkilerini araştırmıştır. Bu çalışmada dolgu duvarlar için sonlu elemanlar modeli ve eşdeğer basınç çubuğu modeli kullanılarak sonuçlar kıyaslanmıştır. Bir yapı beş ve on katlı modellenerek farklı kolon boyutları için deprem analizi yapılmıştır. Dolgu duvar malzemesi olarak gaz beton ve tuğla seçilmiştir. Dolgu duvarın olumsuz etkileri olan yumuşak kat, kısa kolon ve burulma düzensizliği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda dolgu duvarların periyod, rijitlik, taban kesme kuvveti, yatay yerdeğiştirme üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur.

Tar (2010) yaptığı çalışmada, farklı eşdeğer basınç çubuğu yöntemlerini kullanarak dolgu duvarların modellenmesinin taşıyıcı sistem periyodu ve yerdeğiştirme kapasitesi bakımından etkisini incelemiştir. İnceleme sonuçlarından, kullanılan eşdeğer basınç çubuğu modelinin binanın periyodu ve yerdeğiştirmesi açısından farklılık gösterdiği görülmüştür.

Çankaya (2011) çalışmasında, betonarme çerçevelerin dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız dinamik davranışlarını incelemiştir. Çalışma kapsamında dört adet tek açıklıklı ve dört katlı 1/5 ölçeğinde betonarme çerçeve üretilmiş ve yatay yük altında test edilmiştir. Numune davranışında sünek ve gevrek donatı detayı ile dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız durumları incelenmiştir. Analizler sonucunda dolgu duvarlı çerçevelerin frekanslarının arttığı, donatı detayının gevrek veya

sünek olması halinde ise frekanslarda önemli bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir.

Nwofor ve Chinwah (2012) yaptıkları çalışmada, sonlu elemanlar modelleme yöntemi ile farklı boyutların ve farklı dolgu duvar açıklık yerleşiminin kesme dayanımı üzerindeki etkilerini incelenmiş ve dolgu duvar boşluk yerleşimi için analitik çözüm üretmiştir. Dolgu duvarların, çerçevenin yanal yerdeğiştirmesini yaklaşık %70 oranında azalttığı görülmüştür.

Uysal (2013) yaptığı çalışmada; 6 ve 12 katlı yapı modelleri oluşturmuş ve dolgu duvarlı yapı sistemlerinin hesabı için geliştirilmiş olan yöntemlerin betonarme çerçeve davranışı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Dolgu duvar olarak tuğla ve gaz beton dolgu malzemesi kullanılmıştır. İnceleme sonucunda dolgu duvar dikkate alınan yapıların doğal periyodlarında ve yerdeğiştirmelerinde azalma, taban kesme kuvvetinde ve kat rijitliklerinde ise artma gözlenmiştir.

Yakut vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada Türkiye'nin farklı bölgelerinden seçilen 28 adet betonarme bina SAP 2000 programı ile modellenmiş ve dolgu duvarların bina deprem davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Dolgu duvar, eşdeğer basınç çubuğu yöntemi ile modellenmiştir. Binaların x ve y doğrultusunda dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız durumları için statik itme analizi ile kapasite eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, dolgu duvarların binanın yanal yük taşıma kapasitesini ve yanal ötelenme rijitliğini büyük oranda etkilediğini ortaya koymuştur.

Ersoy (2013) tarafından yapılan çalışmada, elemanların boyutlandırması ve donatıların detaylandırılmasında hasar ve can kaybına yol açan nedenler gözönüne alınarak basit kurallar verilmiştir. Tasarım aşamasında kolon ve perde duvar kesit alanlarının belirlenebilmesi için bir öneri getirilmiştir. Verilen yöntem bir anlamda DBYBHY (2007) esaslarını, yönetmelikte verilen ayrıntılı hesapları yapmaya gerek kalmadan basit kurallara uyarak uygulamayı amaçlamaktadır.

Jinya ve Patel (2014) yaptıkları çalışmada betonarme yapılarda kullanılan farklı merkezi açıklıklı dolgu duvarların yapı davranışına etkilerini incelemiştir. Dolgu duvar modeli için diyagonal eşdeğer basınç çubuğu modeli kullanılmış ve diyagonal basınç çubuğu genişliği FEMA yaklaşımı ile hesaplanmıştır. Yapılan bu çalışmada, merkezi boşluklu dolgu duvarların modellenmesinde literatürde önerilen rijitlik azaltma faktörleri kullanılmıştır.

Calio ve Panto (2014) çalışmasında dolgu duvarlı çerçeve yapılarının sismik değerlendirmesi için teorik ve deneysel numuneler üzerinde doğrusal olmayan monoton ve döngüsel statik analizini yapmış ve makro modelleme yaklaşımı sunmuştur. Düzlem makro elementler tarafından tanımlanmış ve yaklaşım güvenliği açısından doğrusal olmayan hesap yöntemi ile dolgu duvarlı betonarme yapılar üzerinde test edilmiştir.

Akyürek (2014), yaptığı çalışmada, bina planındaki dolgu duvar yerleşimlerinin simetrik olup olmaması durumunun binanın davranışına ve deprem performansına olan etkilerini incelemiştir. Bunun için farklı açıklık ve kat adedine olan taşıyıcı sistemi simetrik olan konut türü betonarme binalar seçilmiştir. Bu binaların deprem performansı doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi ile belirlenmiştir. Dolgu duvar miktarı ve yerleşimi değişiminin göreceli kat ötelenmeleri, burulma düzensizliği katsayısı, binanın kapasite eğrisi, doğal titreşim periyodu, tepe yerdeğiştirme istemi, birinci kat kolonlarına ait hasar dağılımı, bina performans seviyesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlardan özellikle dolgu duvar yerleşiminin simetrik olmaması halinde dolgu duvarın dikkate alınarak değerlendirmelerin yapılmasının uygun olacağı görülmüştür.

Özmen vd. (2014) çalışmalarında, betonarme binalarda deprem performansını belirlemede etkili olan parametreleri incelemiştir. Betonarme binaların farklı performans seviyeleri ve deprem yükleri altındaki analizleri yapılarak, etkili olan parametreler ortaya koyulmuştur.

Gaudio vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, analitik bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem betonarme binaların deprem yükleri etkisi altındaki hasar görülebilirliğini değerlendirmek için geliştirilmiştir. Bu yöntemde dolgu duvarların bina kesme kapasitesindeki olumlu etkisi dikkate alınmıştır. Binaların önceden deprem güvenliğinin tahmin edilmesinde kat adedi, bina yapım tarihi gibi bazı parametrelerin performansı nasıl etkiledikleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Bianco vd. (2015) çalışmasında, mevcut betonarme binanın deprem etkisi altında performansını basit ve seri bir şekilde değerlendirmek için yeni bir yöntem ortaya konulmuştur. Bu yöntemde esas, binaların en üst kat yerdeğiştirmelerinin değerlendirilmesine dayanmaktadır. Bu önerilen yöntem bazı betonarme binalarda uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, binaların gerçek performans değerlendirme sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Şan (2016) yaptığı çalışmada, boşluklu dolgu duvarların bina performansına etkisini incelemek için farklı çerçeve açıklığı, dolgu duvar boşluk oranı ve dolgu duvar yerleşiminin uygulandığı betonarme çerçeveler seçilmiştir. Dolgu duvarların modellenmesinde eşdeğer basınç çubuğu modeli kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarından; farklı boşluk oranına sahip dolgu duvarların, iki boyutlu betonarme çerçevenin davranışı üzerinde davranış farklılıkları gösterdiği, %10 ve daha büyük boşluğa sahip dolgu duvarlardaki boşlukların modellemelerde dikkate alınmasının uygun olacağı görülmüştür.

Saydam (2016) tarafından yapılan çalışmada, DBYBHY 2007 esaslarına göre betonarme çerçeve bina modellerinde dolgu duvarlı ve duvarsız olmak üzere doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi ile deprem performans analizleri ve kıyaslamaları yapılmıştır. Çalışmada dolgu duvarlar eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yöntemi ile modellenmiştir. Bu çalışma sonucunda dolgu duvarları eklenen göçme öncesi ve göçme durumundaki modellerin %80 oranında can güvenliği performans seviyesini sağladığı, %10 oranında deprem performans sonucunu etkilemediği ve %10 oranında da bina deprem performansını düşürdüğü görülmüştür.

Tekeli vd. (2017) çalışmalarında, mevcut binaların deprem performanslarının daha hızlı ve pratik bir şekilde belirlenmesi için kayma gerilmesi indeksini önermiştir. Kayma gerilmesi indeksi binanın elastik deprem yükü ve kritik kattaki toplam kolon alanı arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Çalışmada farklı kat adedi ve açıklık sayısına sahip model binalar oluşturularak bu binalar, mevcut ve yeni tasarım binaları temsil eden iki farklı malzeme türü için doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi ile çözümlenmiştir. Oluşturulan model binaların "Can Güvenliği" hedef performans seviyesini sağlaması için gereken en küçük kolon boyutlarını kullanarak, mevcut ve yeni tasarım binalar için sınır kayma gerilmesi değeri belirlenmiştir. Çalışmada, birinci derece deprem bölgesinde bulunan 250 adet mevcut binanın elastik olmayan hesap yöntemi ile performans seviyeleri belirlenmiştir. Model binaların çözümlerinden elde edilen sınır indeksi 250 adet mevcut binanın indeks değerleri ile karşılaştırılarak binanın güvenli olup olmadığına karar verilmiştir. Elde edilen sonuçlar DBYBHY sonuçları ile kıyaslanmıştır.

Dilmaç vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, ilk olarak kat adedi, açıklık sayısı, beton sınıfı, çelik sınıfı ve taşıyıcı elemanların mesnet bölgelerinde uygulanan etriye aralığının farklı değerlerine sahip model binalar oluşturularak çözümlenmeleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, model binaların "Can Güvenliği" ve "Göçme Öncesi" performans seviyelerini sağlayacak en küçük kolon boyutları doğrusal elastik olmayan yöntem esaslarına göre belirlenmiştir. Yapılan çözümlenmelerde Betonarme Elemanlarda Sargı Modellenmesi (BESAM), Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme (DELOP) ve SAP 2000 programları kullanılmıştır. İkinci aşamada, model bina çözüm sonuçları değerlendirilerek mevcut konut türü binaların deprem performanslarının kolay bir şekilde belirlenebilmesi için iki farklı yöntem geliştirilmiştir. Üçüncü aşamada, birinci derece deprem bölgesinde bulunan bazı illerden toplam 120 adet konut türü bina üzerinde önerilen yöntemler ile belirlenen bina performans sonuçlarının DBYBHY sonuçları ile uyumu incelenmiştir. Son aşamada ise, binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi için literatürde bulunan bazı hızlı değerlendirme yöntemleri ile önerilen yöntemlerin sonuçlarının uyumu incelenmiştir.

3. BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Mevcut binaların deprem performanslarını belirleyebilmek için DBYBHY (2007)' e "Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" ile ilgili bir bölüm ilave edilmiş ve bu bölümde önerilen hesap yöntemleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

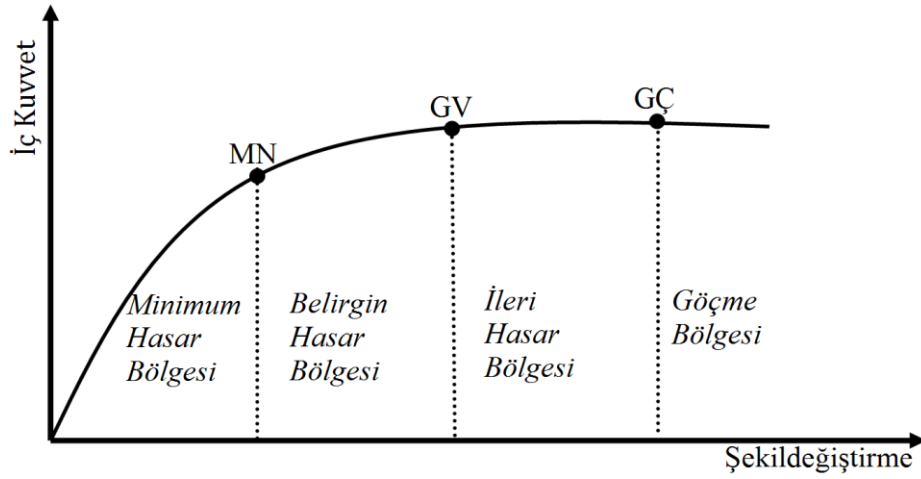
3.1. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

3.1.1. Kesit hasar sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç farklı hasar sınırı tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. İlgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcı minimum hasar sınırını, kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırı güvenlik sınırını, kesitin göçme öncesi davranışının sınırı ise göçme sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

3.1.2. Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri (DBYBHY, 2007)

Bir binanın taşıyıcı sistemi olan kolon ve kiriş elemanlarının en çok hasar görebileceği ve gerilmelerin en çok toplanabileceği kısımları kolon-kiriş birleşim bölgeleridir. Bir taşıyıcı sistem elemanının hasar bölgesini, o taşıyıcı elemanın kesit hasar sınırının kritik değeri tanımlar. Her bir elemanın hasar seviyelerinin belirlenmesinin ardından kat içerisindeki hasar yüzdeleri hesaplanır. Bu yüzdeler ile kat performans seviyesi, kat performans seviyeleri karşılaştırılarak da bina performans seviyesine karar verilir. Her bir kat için hasar durumu belirlendiğinde taşıyıcı sistemin tümü için en çok hasar gören kata göre binanın taşıyıcı sisteminin hasar durumu belirlenmiş olur.

3.2. Bina Deprem Performans Düzeyinin Belirlenmesi

DBYBHY (2007) ' in yedinci bölümünde mevcut betonarme binaların doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin uygulanması ve elemanın hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans seviyesi tanımlanır. Elde edilen bina performans seviyesi ile hedef performans seviyesi karşılaştırılır ve binanın deprem güvenliğine karar verilir. Bina deprem performans seviyesi DBYBHY (2007)' de "Hemen Kullanım", "Can Güvenliği", "Göçme Öncesi" ve "Göçme Durumu" olarak dört farklı şekilde tanımlanır.

3.2.1. Hemen kullanım (HK) performans düzeyi

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla % 10 u belirgin hasar bölgesine geçebilir, fakat diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesindedir. Varsa gevrek elemanların sünek duruma getirilmesi şartı ile bu bina hemen kullanım durumunda kabul edilir.

Hemen kullanım durumunda binada küçük elasto-plastik şekildeğişimlere izin verilmektedir. Taşıyıcı sistemin ana elemanı olarak kabul edilen kolon ve perdelerin en düşük hasar seviyesinde kalması öngörülürken, kirişlerde belirli oranın bir üst hasar seviyesine geçmesine izin verilmektedir. Gevrek hiçbir elemanın kabul edilmemesi uygulamada oldukça zor bir şart olarak ortaya çıkmaktadır (Celep, 2008).

3.2.2. Can güvenliği (CG) performans düzeyi

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir (DBYBHY, 2007):

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden DBYBHY (2007)' de verilen güçlü kolon şartının sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmez).

3.2.3. Göçme öncesi (GÖ) performans düzeyi

Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir(DBYBHY, 2007):

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

(b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, ilgili kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, kolon elemanların alt ve üst birleşim bölgesinde her ikisinde birden DBYBHY (2007)' de verilen güçlü kolon şartının sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmez).

(c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

3.2.4. Göçme durumu (GD)

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlamıyorsa Göçme Durumu'ndadır.

3.3. Binalarda Deprem Etkisi

DBYBHY (2007)' de mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesinde üç farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır. Bunlar 50 yılda aşılma olasılıklarına göre %50, %10 ve %2 olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.1.).

Çizelge 3.1. Deprem etkileri

Deprem düzeyi	Deprem etki katsayısı	50 yılda aşılma olasılığı	Ortalama tekrarlanma süresi
D1 Depremi	0.5	%50	72 yıl
D2 Depremi	1	%10	474 yıl
D3 Depremi	1.5	%2	2475 yıl

Binaların maruz kalabilme ihtimali en yüksek olan deprem D1 deprem düzeyidir. Bina önem katsayısı bir olan ve konut türü binalar için hesaba alınması gereken deprem etkisi ise D2 deprem düzeyidir. Toplumun sık olarak kullandığı ve depremden sonra hiçbir hasar görmemesi istenen binaların hesaplarında kullanılan tasarım depremi ise D3 deprem düzeyidir. Yeni binalarda bu deprem etkisi bina önem katsayısının (I) 1.5 'e eşit alınmasıyla hesaplara dahil edilir.

3.4. Mevcut Binalarda Hedeflenen Bina Performans Düzeyleri

Mevcut binalarda, binanın kullanım amacına ve deprem etkisine göre sağlaması gereken deprem hedef performans seviyeleri Çizelge 3.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Binalar için hedeflenen performans seviyeleri (DBYBHY, 2007)

<i>Binanın kullanım amacı ve türü</i>	<i>Deprem 50 yılda aşılma olasılığı</i>		
	<i>%50</i>	<i>%10</i>	<i>%2</i>
<i>Deprem sonrası kullanımı hemen gereken binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık, belediye binaları, afet yönetim merkezleri, vb.</i>	-	HK	CG
<i>İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.</i>	-	HK	CG
<i>İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri, vb.</i>	HK	CG	-
<i>Tehlikeli madde içeren binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar, vb.</i>	-	HK	GÖ
<i>Diğer binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, bina türü endüstri yapıları, vb.</i>	-	CG	-

DBYBHY (2007)' de binaların küçük depremleri hasarsız atlatması, orta büyüklükteki depremlerde can güvenliğini sağlayacak şekilde onarılabilecek seviyede hasarlı olması, büyük depremlerde ise toptan göçme oluşmadan can kaybının önlenmesi hedeflenmiştir.

4. DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

DBYBHY 2007, yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımında “hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı hasar oluşumunun sınırlandırılması” ilkelerine uyulmasını öngörmektedir. Mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için ise yeni binalara göre daha farklı ve ayrıntılı bir yaklaşım öngörülmüştür (Celep, 2007).

Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi mevcut betonarme binaların deprem etkisi altındaki performanslarının belirlenmesi için DBYBHY (2007)' de kullanılması öngörülen yöntemlerden biridir. Bu yöntem ile betonarme binanın taşıyıcı elemanlarının gevrek davranışına ait kesit taşıma kapasiteleri ve sünek davranışına ait plastik şekil değiştirme kapasiteleri hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamalar ile elde edilen plastik kesit taşıma kapasiteleri ve şekil değiştirme kapasiteleri yönetmelikteki şekil değiştirme ve iç kuvvet sınır değerleri ile karşılaştırılarak, elemanın hasar seviyesine karar verilir. DBYBHY (2007)'de sunulan beton ve donatı şekil değiştirme sınır değerleri Çizelge 4.1' de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Beton ve donatı için verilen şekil değiştirme sınır değerleri

Şekildeğiştirme sınırı	Hasar Sınırı	
	Betonda birim kısalma	Donatıda birim kısalma
Minimum hasar sınırı	$\varepsilon_{cu} = 0.0035$	$\varepsilon_{su} = 0.010$
Güvenlik Sınırı	$\varepsilon_{cg} = \min[0.0035 + 0.010\rho_s / \rho_{sm}; 0.0135]$	$\varepsilon_{su} = 0.040$
Göçme Sınırı	$\varepsilon_{cg} = \min[0.004 + 0.014\rho_s / \rho_{sm}; 0.018]$	$\varepsilon_{su} = 0.060$

Çizelge 4.1' de verilen ϵ_{cu} beton basınç birim şekil değiştirmesinin üst sınırlarını ve ϵ_{cg} etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi belirtmektedir. Ayrıca buradaki ρ_s kesitte mevcut olan, ρ_{sm} ise kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranını göstermektedir.

Elemanların plastik mafsallarda tanımlanan hasar sınırları şekil değiştirme sınırlarına karşılık gelen moment-dönme değerleri belirlenerek tanımlanmıştır.

4.1. Plastik Mafsalların Modellenmesi

DBYBHY (2007)' de doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modelinin (plastik kesit kavramı) kullanılması öngörülmüştür. Bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik taşıma kapasitelerine ulaştığı sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır. Basit eğilme durumunda plastik mafsallarda boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (l_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınmaktadır, ($l_p = 0.5 h$).

Yapılan çalışmada yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Eksenel kuvvet altında plastik şekil değiştirme yapan elemanların plastik şekil değiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınmıştır. Yığılı plastik şekil değiştirmeyi temsil eden plastik kesitin, teorik olarak tanımlanan plastik şekil değiştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Ancak pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmelere izin verilebilir:

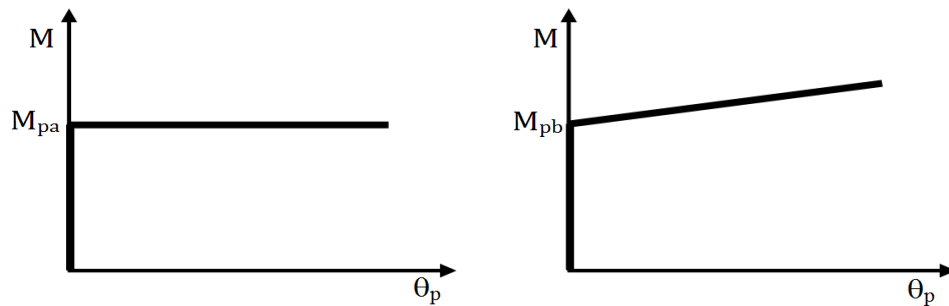
a) Kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına yerleştirilebilir. Ancak, düşey yüklerin etkisiyle kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceği göz önüne alınmalıdır.

b) Betonarme perdelerde, plastik kesitlerin her katta perde alt ucuna konulmasına izin verilebilir. U, T, L veya kutu kesitli perdeler, bütün kolları birlikte çalışan tek perde olarak idealleştirilmelidir. Binaların bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunması durumunda, bu perdelerden üst katlara doğru devam eden perdelerin plastik kesitleri bodrum üstünden başlamak üzere konulmalıdır.

İtme analizi modelinde kullanılacak olan plastik kesitlerin iç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntıları ile ilgili olarak aşağıdaki idealleştirmeler yapılır.

a) İç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir (Şekil 4.1.a). Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekil değiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu gözönüne alınır.

b) Pekleşme etkisinin gözönüne alınması durumunda (Şekil 4.1.b), bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekil değiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanmalıdır. Çalışmada Şekil 4.1.a' da ki durum dikkate alınmıştır.



Şekil 4.1. Pekleşmeli ve pekleşmesiz durumlar için moment-dönme ilişkisi

(a)

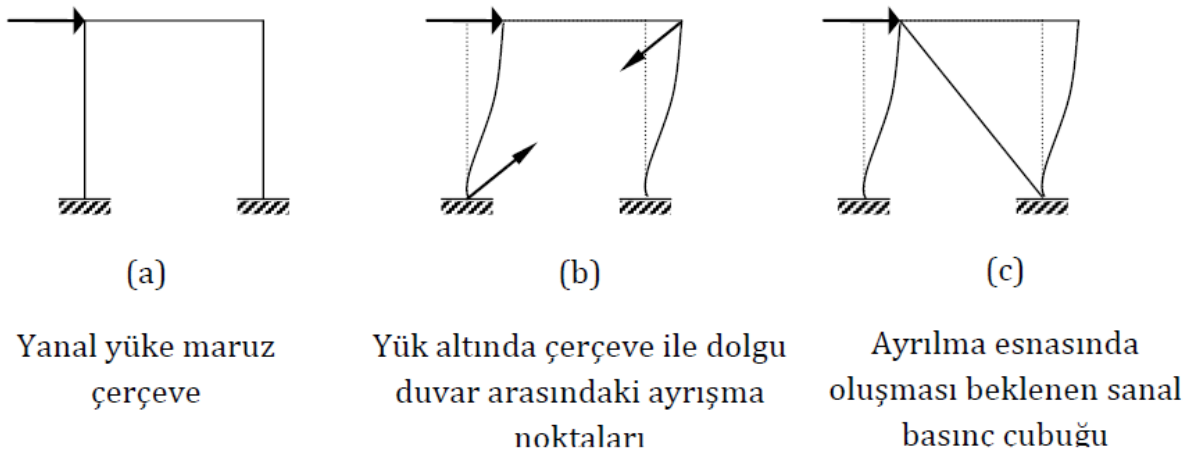
(b)

4.2. Dolgu Duvarların Modellenmesi

4.2.1. Diyagonal eşdeğer basınç çubuğu yöntemi

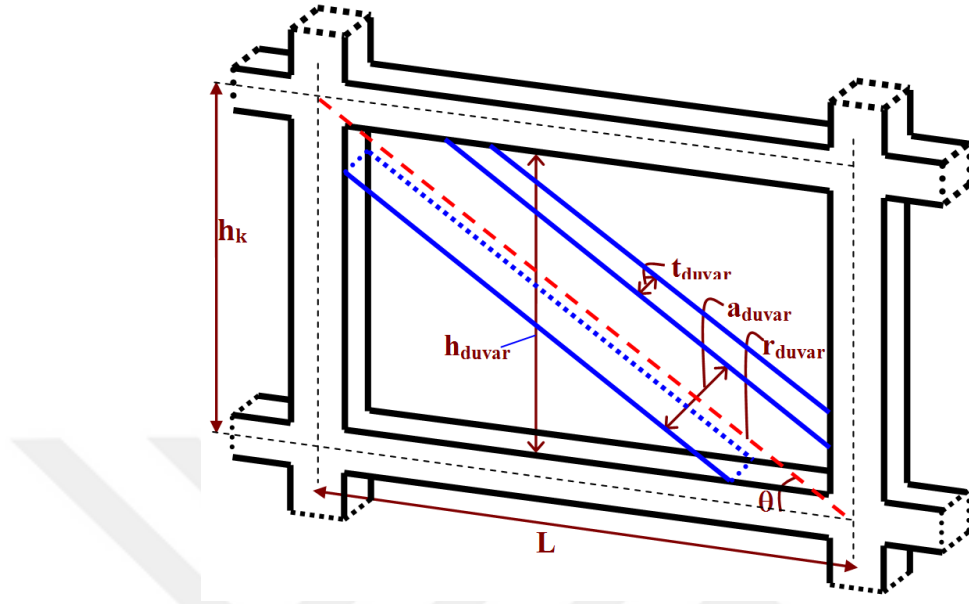
Betonarme binaların projelendirilmesinde ve çözümlerinde dolgu duvarlar genellikle taşıyıcı eleman olarak dikkate alınmamaktadır. Fakat literatürdeki çalışmalar ve geçmiş depremlerdeki hasarlar dolgu duvarların yapı davranışları üzerinde önemli etkilere sahip olduğu göstermektedir. Deprem etkisi altındaki yapı davranışının belirlenmesinde dolgu duvarların da değerlendirmeye katılması sonucunda gerçeğe daha yakın veriler elde edilebilir.

Dolgu duvarların yapı davranışına katkısını dikkate almak için literatürde geliştirilmiş ve kabul görmüş farklı yöntemler mevcuttur. Hesap kolaylığı açısından en çok tercih edilen yöntem, DBYBHY (2007)' de verilen eşdeğer köşegen basınç çubuğu olarak modellenmesi yöntemidir. Bu modelleme yönteminde, deprem kuvvetleri etkisinde yerdeğiştirme yapan çerçevenin bir yüzünde dolgu duvar ile ayrışma meydana gelirken diğer yüzünde sanal bir basınç çubuğu oluştuğu kabulü yapılmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Yatay yüke maruz çerçevedeki dolgu duvarın modellenmesi (Akyürek, 2014)

Eşdeğer köşegen basınç çubuğu genişliğinin hesabı; Denklem (4.1) ve Denklem (4.2)' de verildiği gibi kullanılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Dolgu duvarların eşdeğer köşegen basınç çubuğu modeli (Dilmaç, 2017)

$$a_{duvar} = 0.175x(\lambda_{duvar} \cdot h_k)^{-0.4} r_{duvar} \quad (4.1)$$

$$\lambda_{duvar} = \left[\frac{E_{duvar} \cdot t_{duvar} \cdot \sin 2\theta}{4 \cdot E_c \cdot I_k \cdot h_{duvar}} \right]^{1/4} \quad (4.2)$$

Bu denklemde;

a_{duvar} eşdeğer sanal basınç çubuğunun kalınlığını, h_k çerçevenin yüksekliğini, L çerçevenin genişliğini, E_c betonun elastisite modülünü, E_{duvar} duvarın elastisite modülünü, t_{duvar} dolgu duvarın kalınlığını, θ diyagonal çubuğunun açısını, r_{duvar} dolgu duvarın köşegen uzunluğunu, h_{duvar} dolgu duvarın yüksekliğini, I_k kolonun atalet momentini ifade etmektedir.

DBYBHY 2007'de farklı tuğla türlerinden üretilen dolgu duvarlar için duvarın elastisite modülü (E_{duvar}), eşdeğer diyagonal çubuğun basınç dayanımı (f_{duvar}) ve

kayma dayanımı (τ_{duvar}) değerleri, boşluklu fabrika tuğlası, harman tuğlası ve gazbeton blok için sırasıyla Denklem 4.3, 4.4 ve 4.5' te verilmiştir.

Bosluklu fabrika tuğlası:

$$E_{\text{duvar}} = 1000 \text{ MPa}; \quad f_{\text{duvar}} = 1.0 \text{ MPa}; \quad \tau_{\text{duvar}} = 0.15 \text{ MPa} \quad (4.3)$$

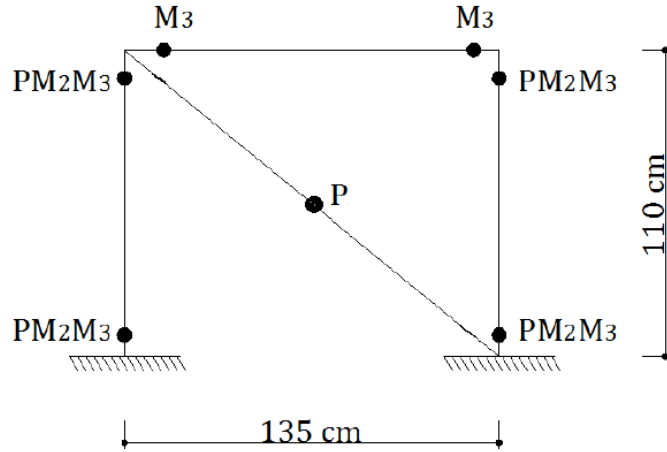
Harman tuğlası:

$$E_{\text{duvar}} = 1000 \text{ MPa}; \quad f_{\text{duvar}} = 2.0 \text{ MPa}; \quad \tau_{\text{duvar}} = 0.25 \text{ MPa} \quad (4.4)$$

Gazbeton blok:

$$E_{\text{duvar}} = 1000 \text{ MPa}; \quad f_{\text{duvar}} = 1.5 \text{ MPa}; \quad \tau_{\text{duvar}} = 0.20 \text{ MPa} \quad (4.5)$$

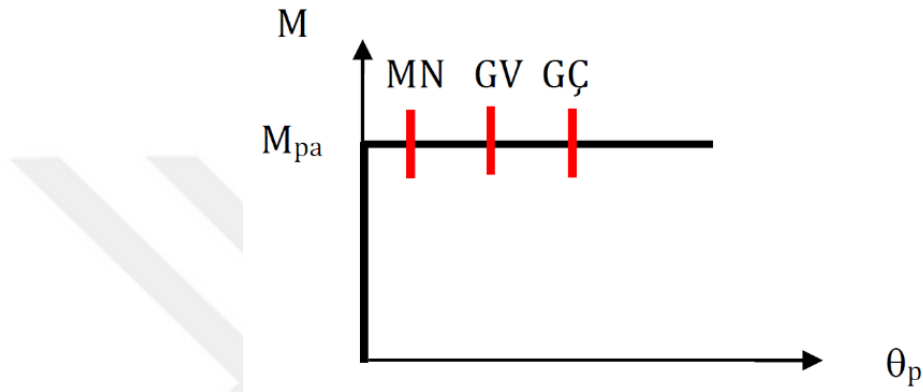
Yapılan çalışmada mevcut binalar SAP 2000 programı ile modellenmiştir. Eşdeğer diyagonal basınç çubuğu elemanlarının modellendiği betonarme ereve de statik itme analizi yapmadan önce dolgu duvara eksenel yük plastik mafsalı (P) tanımlanıp, atanmıştır. Kolon elemanlara PM_2M_3 , kiriş elemanlara ise M_3 atanmıştır (şekil 4.4).



şekil 4.4. ereveye atanan mafsallar

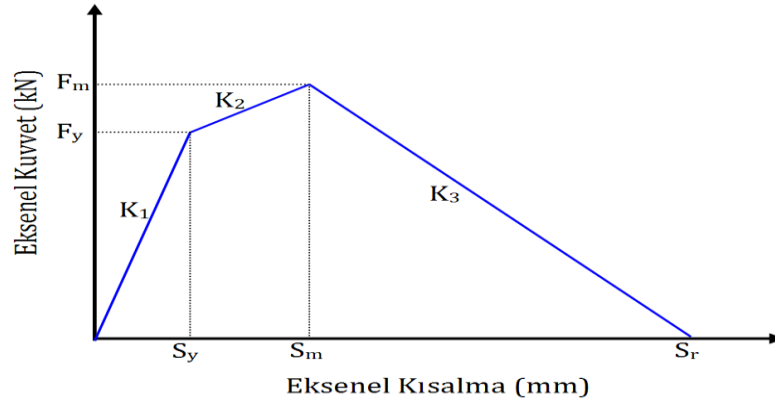
Kolon ve kiriş elemanlara ait mafsallar BESAM programı yardımıyla tanımlanmıştır. BESAM programı, kesitin moment eğrilik ilişkisinden faydalanarak moment dönme ilişkisini elde etmektedir. Plastik şekil değiştirme

bölge uzunluğu (L_p), elemanın çalışan doğrultusundaki kesit boyutu (h) nin yarısına eşit olarak dikkate alınmıştır ($L_p=0.5 \times h$). DBYBHY 2007’de eşdeğer diyagonal basınç çubuğu elemanlarının modellendiği betonarme çerçeve üzerinde statik itme analizi yapmadan önce dolgu duvara eksenel yük plastik mafsali tanımlanıp, atanmıştır. Tanımlanan kesitin hasar sınırları BESAM programı tarafından hesaplanarak plastik mafsal üzerine tanımlanmıştır (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Sınır değerlerin moment dönme ilişkisi üzerinde gösterilmesi (Şan 2016)

Bu çalışmada dolgu duvar için, Panagiotakos ve Fardis (1996) tarafından önerilen mafsali modeli kullanılmıştır. Dolgu duvarı temsil eden eşdeğer diyagonal basınç çubuğu modeli üzerine atanacak eksenel yük mafsali hesabında; dolgu duvarın çekme dayanım değerleri kullanılmıştır. Dolgu duvara ait mafsali modeli üç aşamalı olarak oluşturulmuştur. Burada ilk olarak dolgu duvarın başlangıç kayma davranışı, ardından dolgu duvarın çerçeveden ayrıldıktan sonraki davranışı, son olarak dolgu duvarın zayıflama davranışı temsil edilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Dolgu duvar mafsallık özellikleri (Panagiotakos ve Fardis, 1996)

Mafsallık modelinde dolgu duvarın kayma modülü (G_w), duvarın elastisite modülünün 0.4 katı olarak hesaplamalarda kullanılmıştır (Celarec vd., 2012; Kakaletsis vd., 2011; Uva vd., 2012; Kızıloğlu, 2006). Modellemelerde dolgu duvarın çekme dayanımı (f_{tp}) 0.54 MPa olarak dikkate alınmıştır (Jinya ve Patel, 2014).

Şekil 4.6' da ki (K_1); dolgu duvarın başlangıç rijitliği, (K_2); eksenel rijitliği, (K_3); zayıflama rijitliği sırasıyla Denklem 4.6, Denklem 4.7 ve Denklem 4.8 'de belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

$$K_1 = \frac{G_w \cdot t_{duvar} \cdot L_{duvar}}{h_{duvar}} \quad (4.6)$$

$$K_2 = \frac{E_{duvar} \cdot a_{duvar} \cdot t_{duvar}}{r_{duvar}} \quad (4.7)$$

$$0.005K_1 \leq K_3 \leq 0.1K_1 \quad (4.8)$$

Şekil 4.6.' de ki (F_y); dolgu duvar akma yükü, (S_y); akma kısalması, (F_m); dolgu duvar maksimum yükü, (S_m); bu noktadaki kısalma değeri ve (S_r); mekanizma durumu eksenel kısalma değerini ifade etmektedir ve sırasıyla Denklem 4.9 – Denklem 4.13 'de belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

$$F_y = f_{tp} \cdot t_{du\ var} \cdot L_{du\ var} \quad (4.9)$$

$$S_y = \frac{F_y}{K_1} \quad (4.10)$$

$$F_m = 1.30 \cdot F_y \quad (4.11)$$

$$S_m = S_y + \frac{F_y - F_y}{K_2} \quad (4.12)$$

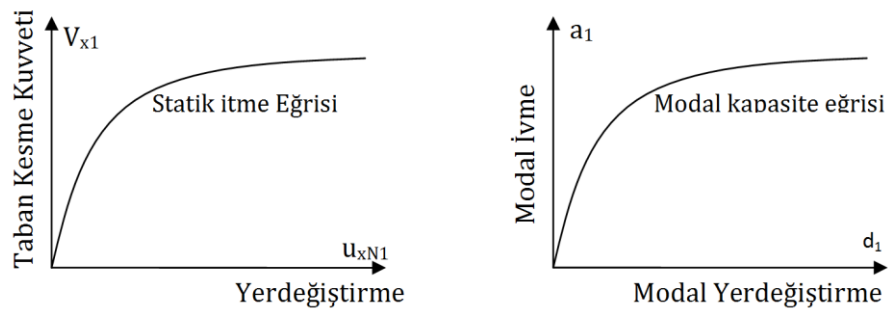
$$S_r = S_m + \frac{F_m - F_r}{K_3} \quad (4.13)$$

4.3. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Tek Modlu Statik İtme)

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Tek Modlu Statik İtme), etkin bina periyodunun (birinci mod) etkili olduğu düşük katlı binalarda ve burulma düzensizliğinin sınırlı olduğu durumda uygulanabilir. Tek Modlu Statik İtme yönteminin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim periyodundaki mod şekli ile orantılı olacak şekilde, yatay yük yerdeğiştirme sınırına kadar adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır (Dilmaç, 2017).

Yapılan bu itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde ortaya çıkan plastik şekil değiştirme, yerdeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait değerler ve deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesap edilir. Bunu yapabilmek için ilk olarak binanın kapasite eğrisi çizilir. Bu kapasite eğrisinin, koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisidir. Kapasite eğrisinden sonra binanın deprem etkisi altındaki talep yerdeğiştirme eğrisi çizilir ve binanın hedef yerdeğiştirme istemi belirlenir. Taşıyıcı elemanlarda oluşan şekil değiştirme değerleri sınır değerler ile kıyaslanarak hasar seviyeleri belirlenir. Tek Modlu Statik İtme yönteminin kullanabilmek

için, binanın kat adedinin bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Bununla birlikte hesap yapılan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina külesine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur. Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme gözönüne alınır. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, gözönüne alınan x deprem doğrultusunda, her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır. Statik itme eğrisi ve modal kapasite eğrisi, Şekil 4.7' de belirtilmiştir (Dilmaç, 2017).



Şekil 4.7. Statik itme eğrisi ve modal kapasite eğrisi

4.3.1. Kapasite eğrisinin koordinat dönüşümünün yapılması

Statik itme eğrisi dinamik elasto-plastik davranışta ortaya çıkan kuvvet-yerdeğiştirme eğrisidir. Bu kuvvet yer değiştirme eğrisinde yatay kuvvet fazlalaştıkça yatay yerdeğiştirmeler, plastik şekil değiştirmeler ve taşıyıcı sistem elemanlarında hasarlar fazlalaşmaktadır. Binanın kapasite eğrisini oluşturduktan sonra yapılması gereken binanın yerdeğiştirme talebinin belirlenmesidir. Bunu belirlemek için ise kapasite eğrisinin koordinatlarının “modal yerdeğiştirme – modal ivme” koordinatlarına dönüştürülmesi ve modal kapasite diyagramının elde edilmesi gerekir. Bunun için gerekli olan, birinci moda ait modal ivme ($a_1^{(i)}$) Denklem 4.14’ de, modal yerdeğiştirme ($d_1^{(i)}$) Denklem 4.15’ de, x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci moda ait etkin kütle (M_1) Denklem 4.16’ da, x deprem doğrultusunda hakim moda ait modal katkı çarpanı (Γ_{x1}) Denklem 4.17’ de verildiği gibi hesaplanmaktadır. Burada; m_n kat kütlesi, ϕ_{n1} birinci moddaki kat yerdeğiştirme vektör elemanlarını ifade etmektedir (Dilmaç, 2017).

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (4.14)$$

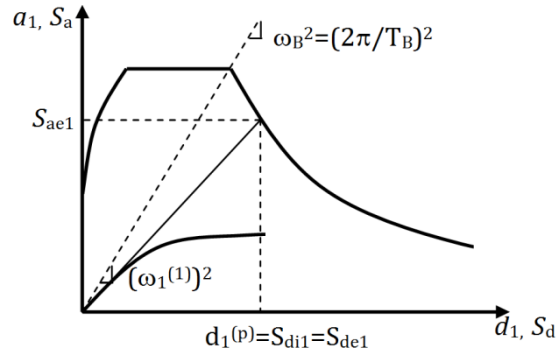
$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\phi_{xN1}\Gamma_{x1}} \quad (4.15)$$

$$M_1 = \frac{\left[\sum_{n=1}^N m_n \phi_{n1} \right]^2}{\sum_{n=1}^N m_n \phi_{n1}^2} \quad (4.16)$$

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (4.17)$$

4.3.2. Tepe yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi

Deprem etkisi talep eğrisi, yönetmelikte spektrum eğrisi ile tanımlanmıştır. Binanın performans seviyesini belirlemek için, ilk olarak binanın hedef yerdeğiştirme isteminin hesaplanması gerekir. Elemanın hasar seviyesine karar verebilmek için binanın hedef yerdeğiştirme seviyesinde taşıyıcı elemanlarda oluşan Şekil değiştirme değerleri ile, deprem yönetmeliğinde verilen sınır değerler karşılaştırılır. Hedef yerdeğiştirmeyi hesaplamak için, binaya ait modal kapasite eğrisi ile S_a - S_d formatına dönüştürülmüş spektrum eğrisinin aynı grafik üzerinde çizilmesi gerekir. Birinci (hakim) titreşim moduna ait ve koordinatları (d_1, a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “spektral yerdeğiştirme (S_d) – spektral ivme (S_a)” olan davranış spektrumu bir arada Şekil 4.8’ de verilmiştir (Dilmaç, 2017).



Şekil 4.8. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu

Doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme (S_{de1}) Denklem 4.18’ de, doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme S_{di1} ise denklem 4.19’ da belirtildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{\left(\omega_1^{(1)}\right)^2} \quad (4.18)$$

$$S_{di1} = C_{R1} \cdot S_{de1} \quad (4.19)$$

Hakim periyoda (1.mod) ait spektral yerdeğiştirme oranı (C_{R1}), $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyot T_B ' ye eşit veya daha uzun olması durumunda ($T_1^{(1)} \geq T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_B^2$), (eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca) Denklem 4.20' de verildiği gibi dikkate alınır.

$$C_{R1} = 1 \quad (4.20)$$

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyot T_B ' den daha kısa olması durumunda ($T_1^{(1)} < T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 > \omega_B^2$) ise, spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} , ardışık yaklaşımla aşağıdaki şekilde hesaplanır (DBYBHY, 2007);

(a) İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, yaklaşık olarak iki doğrulu bir diyagrama dönüştürülür. Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki ($i=1$) doğrunun eğimi olan birinci moda ait özdeğere, $(\omega_1^{(1)})^2$, eşit alınır ($T_1^{(1)} = 2\pi / \omega_1^{(1)}$).

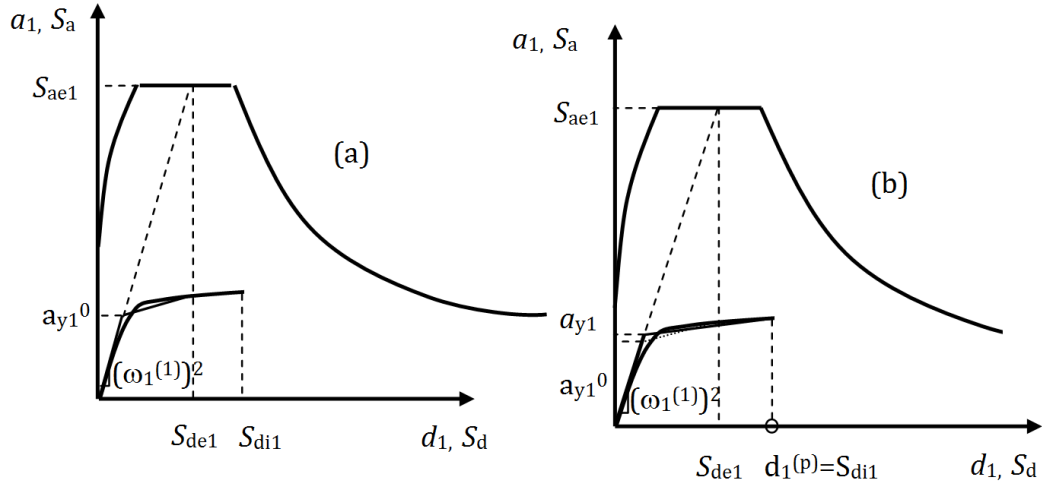
(b) Ardışık yaklaşımın ilk adımında $C_{R1}=1$ kabulü yapılarak, eşeğeğer akma noktasının koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. şekil 4.9' da görölen $a_{y1} = a_{y1}^0$ esas alınarak R_{y1} ve C_{R1} değerleri, Denklem 4.21 ve Denklem 4.22' de verildiği gibi hesaplanabilir. Bu bağıntıda R_{y1} birinci moda ait dayanım azaltma katsayısını göstermektedir.

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (4.21)$$

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1)T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (4.22)$$

(c) Denklem 4.22' den bulunan C_{R1} kullanılarak Denklem 4.19' a göre hesaplanan S_{di1} esas alınarak eşeğeğer akma noktasının koordinatları, şekil 4.9.(b)' de gösterildiği gibi, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenir ve bunlara

göre a_{y1} , R_{y1} ve C_{R1} tekrar hesaplanır. DBYBHY (2007), ardışık iki adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilmesine müsaade etmektedir.



Şekil 4.9. Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme

İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı ile birlikte, maksimum modal yerdeğiştirme istemi hesaplanır. Modal yerdeğiştirme istemi, $d_1^{(p)}$, doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{di1} 'e eşittir.

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (4.23)$$

Son itme adımında elde edilen modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$ 'nin Denklem 4.24' de yerine konulması ile, x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilir.

$$u_{xN1}^{(p)} = \phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (4.24)$$

4.3.3. Birim şekil değiştirme istemlerinin bulunması

Taşıyıcı sistemin performans noktasının belirlenmesinden sonra, depremin talebine karşı sistemin elasto-plastik davranışla yapacağı yerdeğiştirme, plastik mafsallık yerleri, θ_p plastik mafsallık dönmeleri ve dolayısıyla ϕ_p plastik eğrilikleri bulunur. Bu plastik eğriliklere kesitin plastikleşmeye erişinceye kadar yaptığı akma elastik eğriliği de ϕ_y eklenerek kesitin toplam eğriliği ϕ_t elde edilir.

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (4.25)$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (4.26)$$

Binanın hedef yerdeğiştirme istem seviyesindeki taşıyıcı sistem elemanlarındaki şekildeğiştirme değerleri (betonun en büyük kısılması ve donatının en büyük uzaması) hesap edilir. Elde edilen değerler Çizelge 4.1' deki sınır değerlerle karşılaştırılarak kesitin bulunduğu hasar seviyesi elde edilir. Çizelge 4.1 incelendiğinde hasar sınırının ilerlemesiyle donatıda tanımlanan şekildeğiştirme sınırında büyüdüğü görülmektedir. Minimum hasar sınırında en dış life ait betondaki birim kısılmanın değeri (ϵ_{cu}) verilirken, güvenlik ve göçme sınırında enine donatı içinde kalan betonun birim kısılmasının değeri (ϵ_{cg}) sınır değer olarak tanımlanır (Celep, 2008).

4.4. Mander Sargılı-Sargısız Beton Modeli

Tez çalışmasında, DBYBHY 2007' de yer alan taşıyıcı sistem elemanlarının gerilme-şekil değiştirme ilişkisi modellenmesinde Mander sargılı beton modeli kullanılmıştır. Bu sargılı model kullanarak kiriş kesitine ait eğilme momenti kapasitesi, moment eğrilik ilişkisi ve kolon kesitinin normal kuvvet eğilme momenti kapasite ilişkisi elde edilmiştir.

Sargılı ve sargısız beton için gerilme-şekil değiştirme, Denklem 4.27 'deki şekilde hesaplanmaktadır. Burada f_c , sargılı betonun basınç gerilmesini ifade etmektedir.

$$f_c = \frac{f_{cc} \cdot x \cdot r}{r - 1 + x \cdot r} \quad (4.27)$$

Denklem 4.27' de beton birim şekil değiştirmesi x ile r değişkenine ilişkin bağıntılar Denklem 4.28 ve Denklem 4.29 ' da verilmiştir.

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}}; \quad \varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} [1 + 5(\lambda_c - 1)] ; \quad \varepsilon_{co} = 0.002 \quad (4.28)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}}; \quad E_c = 5000 \cdot \sqrt{f_{co}} \text{ (Mpa)}; \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (4.29)$$

Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi ε_{cu} ise aşağıda verildiği şekilde kullanılabilir.

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4 \cdot \rho_s \cdot f_{ywk} \cdot \varepsilon_{su}}{f_{cc}} \quad (4.30)$$

Burada, ρ_s toplam enine donatının hacimsel oranını (dikdörtgen kesitlerde $\rho_s = \rho_x + \rho_y$), ε_{su} ise enine donatı çeliğinde maksimum gerilme altındaki birim şekil değiştirmesini ifade etmektedir.

$$f_c = \lambda_c \cdot f_{co} ; \quad \lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.74 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \cdot \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \quad (4.31)$$

Denklem 4.31' de ise sargılı beton dayanımı f_{cc} ile sargısız beton dayanımı f_{co} arasındaki ilişki belirtilmiştir.

f_e etkili sargılama basıncı, dikdörtgen kesitlerde birbirine dik iki doğrultu için Denklem 4.32' de verilen değerlerin ortalaması şeklinde hesaplanmıştır. Denklem 4.32' de verilen f_{yw} enine donatının akma dayanımını, ρ_x ve ρ_y ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranlarını, k_e sargılama etkinlik katsayısını ifade etmektedir. Sargılama etkinlik katsayısı (k_e) Denklem 4.33' de belirtilmiştir.

$$f_{ex} = k_e \cdot \rho_x \cdot f_{yw} ; \quad f_{ey} = k_e \cdot \rho_y \cdot f_{yw} \quad (4.32)$$

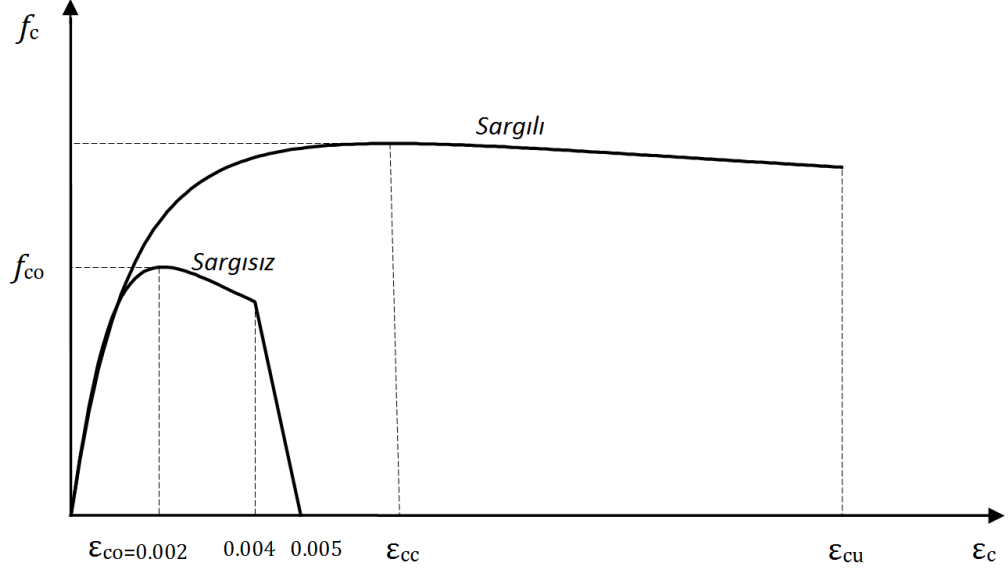
$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6 \cdot b_o \cdot h_o} \right) \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_o} \right) \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_o} \right) \left(1 - \frac{A_s}{b_o \cdot h_o} \right)^{-1} \quad (4.33)$$

Bu denklemde verilen

a_i kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklığını, b_o ve h_o göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını, s düşey doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralığı, A_s boyuna donatı alanını ifade etmektedir.

Sargılı beton için Denklem 4.27' de belirtilen $\varepsilon_c = 0.004'$ e kadar olan bölgede sargısız beton için de geçerlidir. Sargısız betonda etkin sargılama basıncı $f_e = 0$ ve buna bağlı olarak Denklem 4.31' den $\lambda_c = 1$ olacağından Denklem 4.28 ve Denklem 4.29' da $f_{cc} = f_{co}$ ve $\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}$ olacaktır. $\varepsilon_c = 0.005'$ de $f_c = 0$ olmaktadır (Dilmaç, 2017).

Sargılı ve sargısız beton davranışı için gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi DBYBHY (2007)' deki şekliyle Şekil 4.10' da verilmiştir.



Şekil 4.10. Sargılı ve sargısız betonun gerilme şekildeğiştirme ilişkisi

4.5. Donatı Çeliği Modeli

DBYBHY' te, donatı çeliği için gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları aşağıda verildiği şekilde dikkate alınmıştır.

$$f_s = E_s \cdot \epsilon_s ; \quad \epsilon_s \leq \epsilon_{sy} \quad (4.34)$$

$$f_s = f_{sy} ; \quad \epsilon_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{sh} \quad (4.35)$$

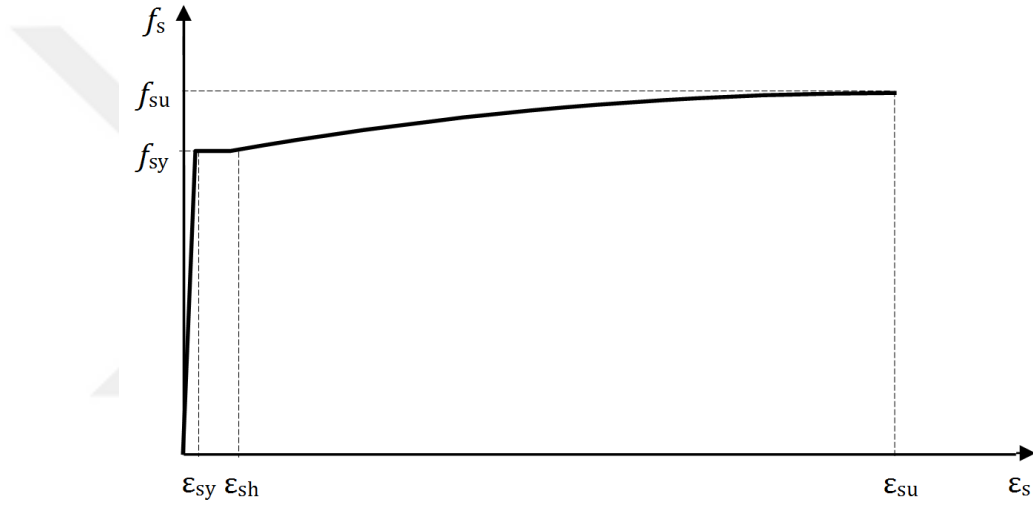
$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \cdot \frac{(\epsilon_{su} - \epsilon_s)^2}{(\epsilon_{su} - \epsilon_{sh})^2} ; \quad \epsilon_{sh} < \epsilon_s \leq \epsilon_{su} \quad (4.36)$$

Donatı çeliğinin elastisite modülü $E_s=2 \times 10^5$ MPa olarak dikkate alınmıştır. S220 ve S420 kalitesindeki donatı çeliklerine ait diğer bilgiler ise Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Donatı için kullanılan malzeme özellikleri

Kalite	f_{sy} (MPa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} (MPa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275
S420	420	0.0021	0.008	0.10	550

Donatının gerilme şekilgeçirme ilişkisi Şekil 4.11' de verilmiştir.



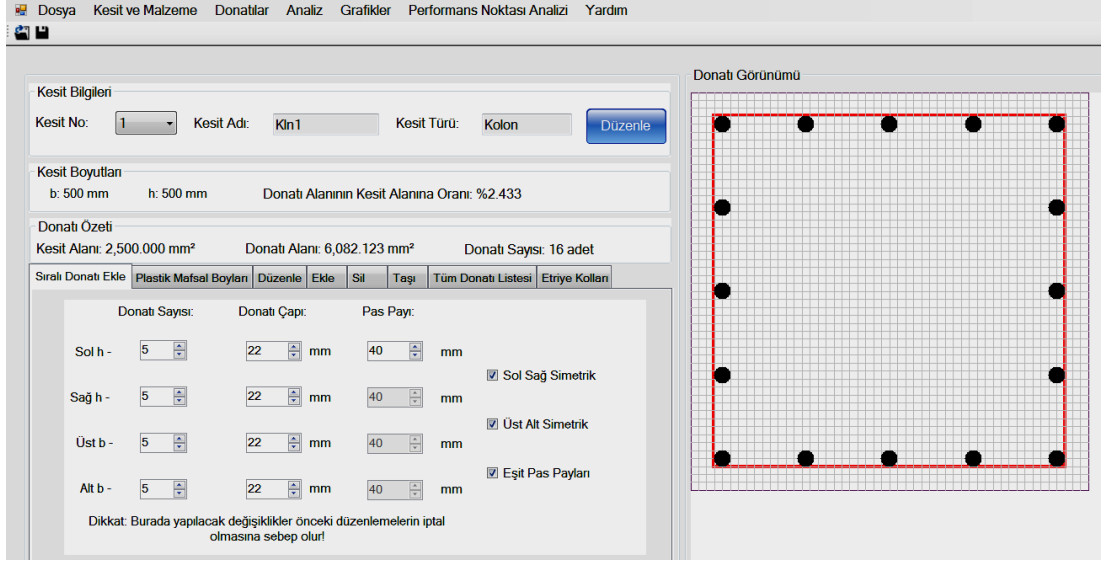
Şekil 4.11. Donatının gerilme - şekilgeçirme ilişkisi

5. KULLANILAN PROGRAMLAR

Çalışmalarda bina performanslarının belirlenmesi işlemlerinin daha kolay bir şekilde yapılabilmesi için kesitlerin kapasite özelliklerini tanımlanmasında "Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme" (BESAM) programı, bina performans seviyelerinin doğrusal elastik olmayan yöntemlerle belirlenmesinde "Doğrusal Elastik Olmayan Program" (DELOP) programı, binaların çözümlerinde ve modellemelerinde SAP 2000 programı kullanılmıştır.

5.1. Betonarme Elemanlarda Sargı Modellenmesi (BESAM)

Tez çalışmasında kullanılan "Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme" (BESAM) programı, betonarme elemanlardaki kesit hesaplarında sargı etkisi, beton dayanımı ve donatı düzenini dikkate alan Fortran dilinde bir bilgisayar yazılımıdır. Betonarme Elemanlarda Sargı Modellenmesi (BESAM) yazılımı Tübitak projesi kapsamında geliştirilmiştir (Demir vd., 2013). BESAM programı farklı beton ve donatı modellerini ele alarak moment-eğrilik ilişkisini ortaya koyma potansiyeline sahiptir. BESAM programında elde edilen beton şekil değiştirmesi, donatı şekil değiştirmesi ve bu şekil değiştirmelere karşılık gelen moment ve eğrilik değerleri txt ve xls uzantılı dosyalara kaydedilebilmektedir. Binaların performans analizlerinin yapılması için oluşturulan BESAM programı, moment eğrilik ilişkisini, DBYBHY (2007)' de verilen bağıntıları ele alarak hesaplamaktadır. BESAM programının veri giriş bölümüne ait bir ekran görüntüsü Şekil 5.1' de verilmektedir



Şekil 5.1. BESAM programı veri giriş ekranı

Doğrusal elastik olmayan çözümlene yapabilmek için öncelikle binanın taşıyıcı sistem elemanlarına ait plastik mafsalları tanımlaması yapılması gerekir. BESAM programı ile elemanlara ait kesit ve malzeme özellikleri, donatı çapı ve düzeni tanımlaması yapıldıktan sonra program çalıştırılarak, SAP2000 programında açılmak üzere mafsalların tanımlandığı s2k uzantılı bir dosya hazırlanabilmektedir. Doğrusal elastik olmayan yöntemde, elemanın hasar seviyesine şekil değiştirme değerinin yönetmelikte verilen sınır değerleriyle karşılaştırılması ile karar verilmektedir. Dolayısıyla hasarın belirlenebilmesi için sınır değerlerin bilinmesi gerekmektedir. Mevcut programların büyük kısmında DBYBHY (2007)'nin verdiği sınırlamalar bulunmamaktadır veya düzenlenmesi gerekmektedir. BESAM programında ise bu sınırlamalar düzenlenerek plastik mafsalları tanımlamak için gerekli tüm bilgiler SAP 2000 programının kullanabileceği şekilde elde edilebilmektedir. Binanın yerdeğiştirme talebinin belirlenmesi için SAP 2000 programı ile binanın kapasite eğrisinin elde edilmesi gerekir. Bunun için öncelikle kapasite eğrisinin koordinatlarının “modal yer değiştirme - modal ivme” koordinatlarına çevirilmesi ve modal kapasite diyagramının elde edilmesi gerekir. Bu durumların tamamı gerekli verilerin BESAM programına tanımlanması ile, DBYBHY (2007)'e uygun olarak

hesaplanabilmektedir. Tepe yerdeğiştirme istemi sonuçları BESAM programı tarafından txt formatında kullanıcıya sunulmaktadır.

5.2. Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Programı (DELOP)

Doğrusal elastik olmayan değerlendirme programı (DELOP), yönetmelikte belirtilen şartlara uyumlu olarak, binaların hedef performans seviyesini sağlayıp sağlamadığının kontrolünü kendi bünyesinde yapan bir yazılımdır. Ancak programın, SAP 2000 ve BESAM programları ile uyumlu bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Şekil 5.2' de programının veri girişi sayfasına ait bir görünüm verilmiştir. Program, üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada giriş, ikinci aşamada kolon elemanlar için gerekli kontroller yapılmakta, üçüncü aşamada ise, binanın performans seviyesine karar verilmektedir. DELOP programı, uluslararası geçerliliği olan SAP 2000 sonlu elemanlar programı ile BESAM programından elde edilen sonuçların birbiriyle ilişkili olarak kullanılabilmesi ve bina türü yapılar için yönetmelikte verilen performans koşullarının kontrolünü daha pratik şekilde yapılabilmesini sağlamaktadır (Demir vd., 2013).

DELOP

YAPI PERFORMANS SEVİYESİNİN DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN YÖNTEM İLE BELİRLENMESİ
(TÜBİTAK 111M119 PROJESİ İLE DESTEKLENMEKTEDİR)

1 MALZEME SINIFININ TANIMLANMASI

Beton Sınıfı: C	20
Beyaz Dolgu Sınıfı: S	420
Enine Dolgu Sınıfı: S	420
f _{cm} :	20
f _{yk} :	420
f _{ctm} :	1.565247554
m:	0.0021

2 BİNA İLE İLGİLİ BİLGİLER

Elemanlara ait kesit testleri aşağıdaki veriler kullanılarak elde edilecektir.

	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat	6. Kat	7. Kat	8. Kat
Kat yüksekliği (m)	3	3	3	3	3	3	3	3
Kat sayısı	6							
Ra	1							
Yapı özet bilgileri (I)	1							
Bölge özet bilgileri	1							

7.4.12. Betonarme sızınları eleman boyutlarını tanımlama birleşim bölgeleri sonu: rijit uç bölgeleri olarak alınabilir.
7.4.13. Eğilme etkiindeki elemanlarda çatlama levite ait etkin eğilme rijitlikleri (EI)_e
Kirişlerde (EI)_e=0,40(EI)₀
Kolonlarda N₀ (Ac form)≥0,10 ise (EI)_e=0,40(EI)₀
Kolonlarda N₀ (Ac form)≥0,40 ise (EI)_e=0,30(EI)₀
Kolonların (EI)_e değerleri "Tebrikatın Tanımlanması" bölümünden temin edilebilir.

3 KİRİŞ İLE İLGİLİ BİLGİLER

NOT: Bu bölüm tüm kiriş özellikleri aynı ise kullanılabilir. Aksi halde Bölüm 6 da farklı özellikler girilebilir.

Kesit boyutları	b (cm)	-
	h (cm)	-
	d (cm)	4
Kiriş boyu L (m)		-
Sargı 'Var mı?' (V/Y)		-

A: MESNET ÜST

4. SAP 2000 PROGRAMINDAN ELDE EDİLEN KİRİŞ KESİT TESTLERİ VE KİRİŞ VERİLERİ

1. ASAMA / 2. ASAMA / 3. ASAMA

Şekil 5.2. DELOP programı veri giriş ekranı

5.3. SAP 2000 Analiz Programı

Simetrik ve simetrik olmayan yapıların 2 ve 3 boyutlu olarak tasarlanması, modellenmesi ve çözümlenmesi seri bir şekilde SAP 2000 sonlu elemanlar programı ile yapılabilmektedir. SAP 2000 sonlu elemanlar programında yapının kiriş ve kolonları çubuk eleman olarak modellenir, kat döşemeleri için yatay düzlemde rijit diyafram kabulü yapılabilir. Tez çalışmasında SAP 2000 14.2.2. versiyonu kullanılmış ve model binaların doğrusal olmayan statik itme (pushover) hesapları yapılmıştır. Yapıdaki elemanların kesitlerine ait plastik mafsalları tanımlaması BESAM programı ile yapılarak SAP 2000 programına aktarılmıştır.



6. ARAŞTIRMA BULGULARI

6.1. Seçilen Betonarme Binaların Tanıtılması

Bu çalışmada, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY 2007)' de belirtilen esaslar çerçevesinde dolgu duvar mekanik özelliklerinin bina performansına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla açıklıkları ve kat sayıları değişken olmak üzere Dilmac (2017)' de sunulan 12 adet mevcut konut türü betonarme çerçeveli bina model olarak seçilmiştir. Çalışmada kullanılan binalar Afyon, İstanbul, İzmir ve Burdur illerinde bulunmaktadır. Bu binalara ait kalıp planları Ek C' de verilmiştir. Betonarme çerçeveler içerisinde bazı açıklıklara dolgu duvarlar yerleştirilmiştir. Bu dolgu duvarlar eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yöntemiyle modellenmiştir. Başta dolgu duvarlı şekilde modellenen ve can güvenliği sağlamayan binalara farklı dolgu duvar kalınlıkları ve farklı dolgu duvar dayanımları kullanarak can güvenliği sınırını nasıl etkilediği kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamada periyod ve statik itme eğrisi değerleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan binaların kat adetleri ve kat yükseklikleri Çizelge 6.1' de, mevcut binaların buldukları illere göre isimlendirmeleri Çizelge 6.2' de belirtilmiştir.

Çizelge 6.1. Kat adedi ve kat yüksekliklerine göre mevcut binaların tanıtımı

Bina Adı	Kat Adedi	Kat Yüksekliği(m)	Bina Adı	Kat Adedi	Kat Yüksekliği(m)
AFY 1	2	3	AFY 3	4	3.6
İST 1	2	3	AFY 4	4	3
İZM 1	2	3	BUR 3	4	2.5
AFY 2	3	3	AFY 5	5	3
BUR 1	3	2.9	AFY 6	5	2.85
BUR 2	3	3	AFY 7	5	2.85

Çizelge 6.2. Mevcut bina isimlerin kısaltılması ve illere göre bina sayıları

İl Adı	İstanbul	İzmir	Afyon	Burdur
Kısaltması	İST	İZM	AFY	BUR
Bina sayısı	1 adet	1 adet	7 adet	3 adet

Çizelge 6.2' de verilen ifadeler incelendiğinde Afyon; AFY, İstanbul; İST, İzmir; İZM, Burdur; BUR olarak kodlanmıştır. Bu mevcut binaların beton sınıfı C20, çelik sınıfı ise S420 olarak kullanılmıştır.

Çalışmada tüm binalarda kullanılan farklı dolgu duvar kalınlıkları (t_{duvar}) ve dolgu duvar dayanımları (f_{duvar}) ile oluşturulan kombinasyon ise Çizelge 6.3' de belirtilmiştir.

Çizelge 6.3. Tüm binalarda uygulanan f_{duvar} ve t_{duvar} değerleri

Kısaltma	f_{duvar} (Mpa)	t_{duvar} (cm)
f2t9	2 MPa	9 cm
f2t13	2 Mpa	13 cm
f2t19	2 Mpa	19 cm
f3t9	3 Mpa	9 cm
f3t13	3 Mpa	13 cm
f3t19	3 Mpa	19 cm
f5t9	5 Mpa	9 cm
f5t13	5 Mpa	13 cm
f5t19	5 Mpa	19 cm
f13t9	13 Mpa	9 cm
f13t13	13 Mpa	13 cm
f13t19	13 Mpa	19 cm

Çizelge 6.3' deki veriler incelendiğinde önce dolgu duvar dayanımları (f_{duvar}) sabit tutularak, dolgu duvar kalınlıkları (t_{duvar}) 9, 13 ve 19 cm olarak artırılmıştır. Daha sonra dolgu duvar kalınlıkları (t_{duvar}) sabit tutularak, dolgu duvar dayanımları (f_{duvar}) 2, 3, 5 ve 13 MPa olmak üzere arttırılarak sonuçlar kıyaslanmıştır.

Çalışma kapsamında kullanmış olduğumuz AFY-1, İST-1, İZM-1, AFY-2, BUR-1, BUR-2, AFY-3, AFY-4, BUR-3, AFY-5, AFY-6, AFY-7 binalarının kat adedi, kolon boyutları ve bu boyutlara göre kolon adetleri, kat ağırlıkları Çizelge 6.4. ve Çizelge 6.5' de belirtilmiştir.

Çizelge 6.4. Mevcut iki ve üç katlı binaların yapısal özellikleri

Bina Adı	Kat Adedi	Kolon Adedi	Kolon Boyutları		Kat Ağırlıkları					
			(m)		(kN)					
			X	Y	1.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat	5.Kat	Toplam
AFY-1	2	7	0.25	0.5	1366	1366	-	-	-	2732
		8	0.5	0.25						
		2	0.6	0.25						
İST-1	2	8	0.6	0.25	1370	1230	-	-	-	2600
		6	0.25	0.5						
		3	0.35	0.35						
İZM-1	2	9	0.5	0.2	1079	1157	-	-	-	2236
		5	0.2	0.5						
AFY-2	3	5	0.25	0.5	1770	1770	1264	-	-	4804
		8	0.5	0.25						
		1	0.3	0.6						
		1	0.35	0.5						
BUR-1	3	7	0.6	0.25	1290	1220	1220	-	-	3730
		1	0.25	0.6						
		2	0.25	0.75						
		1	0.115	0.25						
BUR-2	3	12	0.6	0.3	3470	3470	2602	-	-	9542
		12	0.3	0.6						

Çizelge 6.5. Mevcut dört ve beş katlı binaların yapısal özellikleri

Bina Adı	Kat Adedi	Kolon Adedi	Kolon Boyutları		Kat Ağırlıkları					
			(m)		(kN)					
			X	Y	1.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat	5.Kat	Toplam
AFY-3	4	12	1	0.3	7100	7100	7100	7392	-	28692
		12	0.3	1						
AFY-4	4	8	0.6	0.25	2710	2700	2700	2140	-	10250
		10	0.25	0.6						
		4	0.8	0.25						
BUR-3	4	16	0.25	0.5	1933	1933	1933	1538	-	7337
		2	0.25	0.65						
		5	0.5	0.25						
		1	0.9	0.25						
AFY-5	5	9	0.6	0.3	1572	1572	1572	1572	1572	7860
		2	0.3	0.6						
		6	0.5	0.25						
		1	0.6	0.25						
AFY-6	5	12	0.5	0.25	1800	1800	1800	1800	1423	8623
		3	0.3	0.5						
		7	0.25	0.5						
		1	0.5	0.3						
AFY-7	5	12	0.25	0.5	1345	1345	1345	1345	1010	6390
		4	0.5	0.25						

6.2. Betonarme Binaların Bilgileri Ve Performans Sonuçları

6.2.1 Performans seviyesi ve doğal titreşim periyodu (T) sonuçları

Tüm bina modellerine ait yapılan çözümler sonucunda elde edilen kütle katılım oranları, hedef yerdeğiştirme değerleri, titreşim periyodu (T) ve performans değerleri her bir bina için ayrı ayrı belirtilmiştir. 5 katlı AFY-5, AFY-6 ve AFY-7 binaları için sırasıyla Çizelge 6.6, Çizelge 6.7, Çizelge 6.8' de verilmiştir. 2, 3 ve 4 katlı binaların değerleri ise Ek A' da Çizelge A.1 ile Çizelge A.9 arasında verilmiştir. Dayanım ve kalınlığa göre her iki yönde bina periyodlarındaki değişim ise $f_{duvar}=2$ MPa ve $f_{duvar}=3$ MPa için Şekil 6.1 ve Şekil 6.2' de, diğer

durumlar için bina periyodlarındaki değişim Ek B' de Şekil B.1 ile Şekil B.7 arasında verilmiştir.

Bu binaların deprem güvenliği DBYBHY de belirtilen esaslar doğrultusunda değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde doğrusal elastik olmayan yöntemlerden olan " Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi " kullanılmıştır. Tüm çözümler binaların her iki doğrultusu için yapılmıştır. Bulunan bu değerler BESAM, DELOP ve SAP 2000 programları yardımı ile hesaplanmıştır.



Çizelge 6.6. 5 katlı AFY-5 binasının performans sonuçları

AFY-5 5 KATLI																		
Malz. Türü	Titreşim Periyodu, T (sn)				Kütle Katılım Oranları										Hedef Yerdeğiştirme		Performans	
	Çatlamamış		Çatlamış		1.Kat		2.Kat		3.Kat		4.Kat		5.Kat		(mm)		Yön	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Duvarsız	0.72	0.5	1.06	0.74	0.19	0.17	0.46	0.45	0.71	0.7	0.89	0.89	1	1	311	201	GD	GD
(*) f3.3t23	0.619	0.451	0.787	0.603	0.215	0.196	0.48	0.463	0.719	0.705	0.894	0.888	1	1	213	152	CG	CG
f2t9	0.678	0.478	0.931	0.68	0.2	0.18	0.47	0.46	0.71	0.7	0.9	0.89	1	1	266	182	HK	CG
f2t13	0.664	0.472	0.894	0.661	0.2	0.19	0.47	0.46	0.71	0.7	0.897	0.89	1	1	247	172	HK	CG
f2t19	0.645	0.463	0.848	0.637	0.21	0.19	0.42	0.46	0.72	0.7	0.9	0.89	1	1	236	163	HK	CG
f3t9	0.671	0.475	0.912	0.67	0.2	0.186	0.48	0.46	0.717	0.7	0.897	0.89	1	1	260	174	HK	CG
f3t13	0.654	0.467	0.871	0.649	0.21	0.19	0.48	0.46	0.71	0.705	0.895	0.89	1	1	245	166	HK	CG
f3t19	0.633	0.458	0.82	0.622	0.21	0.19	0.48	0.46	0.716	0.7	0.896	0.89	1	1	227	157	HK	CG
f5t9	0.66	0.47	0.884	0.656	0.21	0.19	0.48	0.46	0.72	0.7	0.896	0.89	1	1	250	169	HK	CG
f5t13	0.641	0.461	0.838	0.631	0.21	0.19	0.48	0.46	0.72	0.7	0.897	0.89	1	1	233	159	HK	CG
f5t19	0.616	0.45	0.785	0.601	0.21	0.19	0.48	0.46	0.71	0.7	0.89	0.89	1	1	215	149	HK	CG
f13t9	0.634	0.458	0.822	0.622	0.21	0.19	0.46	0.46	0.71	0.7	0.89	0.89	1	1	229	157	HK	CG
f13t13	0.609	0.446	0.769	0.592	0.21	0.197	0.48	0.46	0.71	0.7	0.89	0.89	1	1	206	160	HK	CG
f13t19	0.579	0.431	0.71	0.56	0.22	0.2	0.48	0.46	0.71	0.7	0.89	0.87	1	1	183	135	HK	CG

(*) Dilmaç (2017)

Çizelge 6.7. 5 katlı AFY-6 binasının performans sonuçları

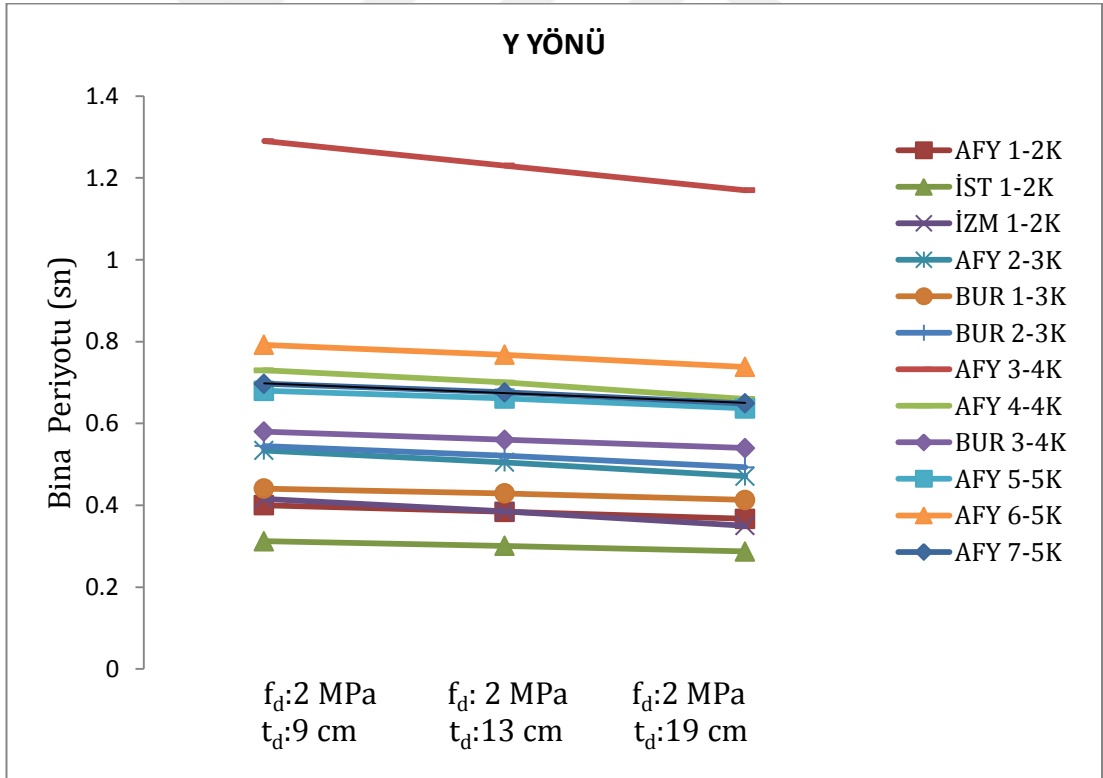
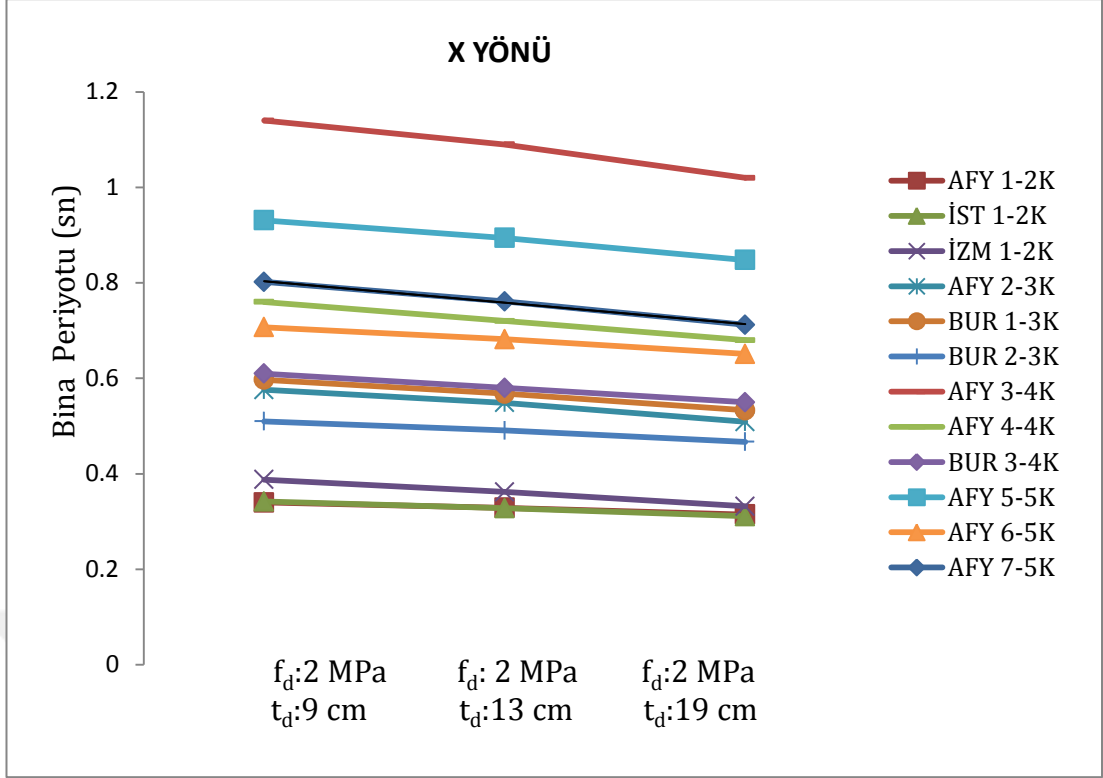
AFY-6 5 KATLI																		
Malz. Türü	Titreşim Periyodu, T (sn)				Kütle Katılım Oranları										Hedef Yerdeğiştirme		Performans	
	Çatlamamış		Çatlamış		1.Kat		2.Kat		3.Kat		4.Kat		5.Kat		(mm)		Yön	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Duvarsız	0.53	0.6	0.79	0.88	0.2	0.28	0.47	0.57	0.72	0.8	0.9	0.95	1	1	218	250	GD	GD
(*) f3.3t23	0.47	0.531	0.618	0.707	0.224	0.21	0.502	0.487	0.739	0.725	0.912	0.902	1	1	154	188	CG	CG
f2t9	0.505	0.565	0.707	0.792	0.21	0.21	0.49	0.48	0.735	0.73	0.91	0.91	1	1	187	219	CG	CG
f2t13	0.496	0.556	0.682	0.768	0.21	0.21	0.49	0.487	0.737	0.73	0.91	0.91	1	1	177	210	CG	CG
f2t19	0.484	0.544	0.651	0.738	0.22	0.21	0.5	0.48	0.74	0.727	0.91	0.91	1	1	165	199	CG	CG
f3t9	0.501	0.56	0.694	0.779	0.21	0.21	0.49	0.48	0.73	0.73	0.91	0.907	1	1	182	215	CG	CG
f3t13	0.49	0.55	0.666	0.752	0.217	0.21	0.497	0.48	0.74	0.73	0.91	0.905	1	1	171	204	CG	CG
f3t19	0.479	0.536	0.632	0.72	0.22	0.21	0.5	0.487	0.74	0.73	0.91	0.905	1	1	158	192	CG	CG
f5t9	0.493	0.553	0.675	0.761	0.216	0.21	0.495	0.48	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	175	208	CG	CG
f5t13	0.481	0.541	0.644	0.731	0.22	0.21	0.5	0.48	0.74	0.72	0.91	0.905	1	1	163	197	CG	CG
f5t19	0.465	0.525	0.606	0.695	0.22	0.21	0.5	0.485	0.74	0.71	0.91	0.89	1	1	148	185	CG	CG
f13t9	0.476	0.536	0.633	0.72	0.22	0.21	0.5	0.48	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	161	193	CG	CG
f13t13	0.459	0.52	0.594	0.684	0.23	0.21	0.5	0.48	0.74	0.72	0.91	0.9	1	1	147	181	CG	CG
f13t19	0.438	0.501	0.551	0.643	0.23	0.21	0.5	0.48	0.74	0.73	0.91	0.89	1	1	131	167	CG	CG

(*) Dilmaç (2017)

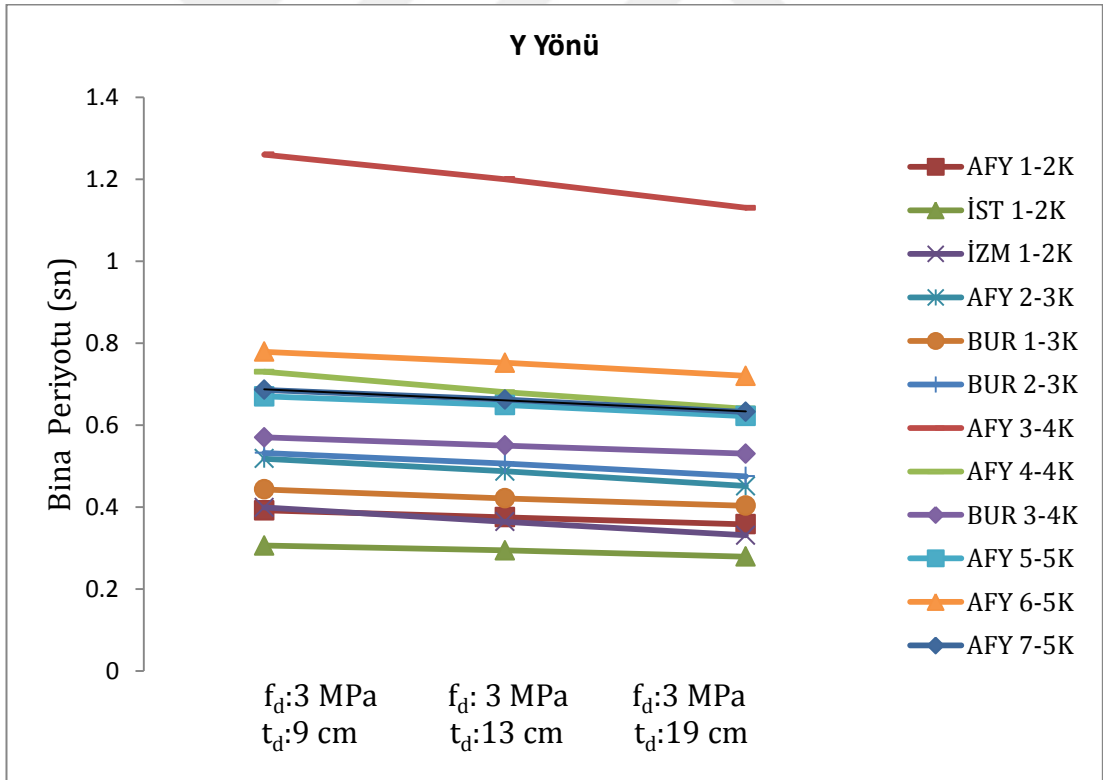
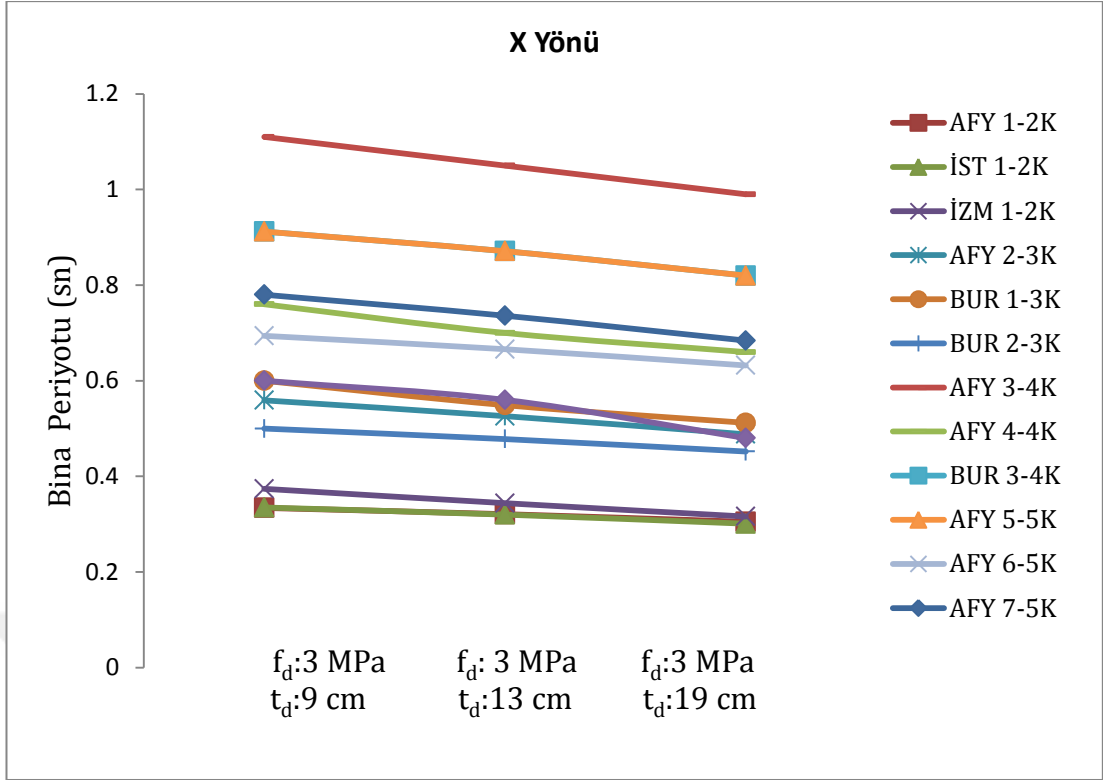
Çizelge 6.8. 5 katlı AFY-7 binasının performans sonuçları

AFY-7 5 KATLI																		
Malz. Türü	Titreşim Periyodu, T (sn)				Kütle Katılım Oranları										Hedef Yerdeğiştirme		Performans	
	Çatlamamış		Çatlamış		1.Kat		2.Kat		3.Kat		4.Kat		5.Kat		(mm)		Yön	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Duvarsız	0.65	0.51	0.96	0.76	0.2	0.2	0.48	0.48	0.73	0.73	0.91	0.91	1	1	279	209	GD	GD
(*) f3.3t23	0.529	0.464	0.652	0.612	0.234	0.214	0.503	0.491	0.737	0.731	0.908	0.907	1	1	166	153	CG	CG
f2t9	0.598	0.502	0.802	0.697	0.22	0.2	0.49	0.48	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	222	184	CG	CG
f2t13	0.581	0.493	0.761	0.676	0.22	0.21	0.5	0.49	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	206	176	CG	CG
f2t19	0.559	0.48	0.712	0.649	0.23	0.21	0.5	0.49	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	188	166	CG	CG
f3t9	0.589	0.497	0.78	0.686	0.22	0.21	0.5	0.48	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	214	181	CG	CG
f3t13	0.57	0.486	0.736	0.662	0.23	0.21	0.5	0.49	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	197	171	CG	CG
f3t19	0.545	0.473	0.484	0.632	0.23	0.21	0.5	0.49	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	177	160	CG	CG
f5t9	0.576	0.49	0.75	0.67	0.22	0.21	0.5	0.49	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	203	175	CG	CG
f5t13	0.554	0.477	0.702	0.642	0.23	0.21	0.5	0.49	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	185	164	CG	CG
f5t19	0.527	0.463	0.648	0.61	0.23	0.21	0.5	0.49	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	164	151	CG	CG
f13t9	0.546	0.473	0.685	0.633	0.23	0.21	0.5	0.49	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	181	162	CG	CG
f13t13	0.518	0.458	0.633	0.6	0.23	0.22	0.5	0.49	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	162	149	CG	CG
f13t19	0.486	0.44	0.577	0.561	0.23	0.22	0.5	0.49	0.74	0.73	0.91	0.91	1	1	140	134	CG	CG

(*) Dilmaç (2017)



Şekil 6.1. Her iki yöndeki bina periyotlarındaki değişim ($f_{duvar} = 2 \text{ MPa}$)



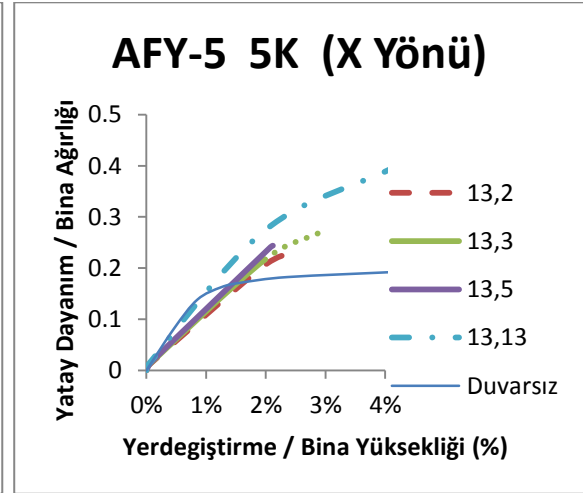
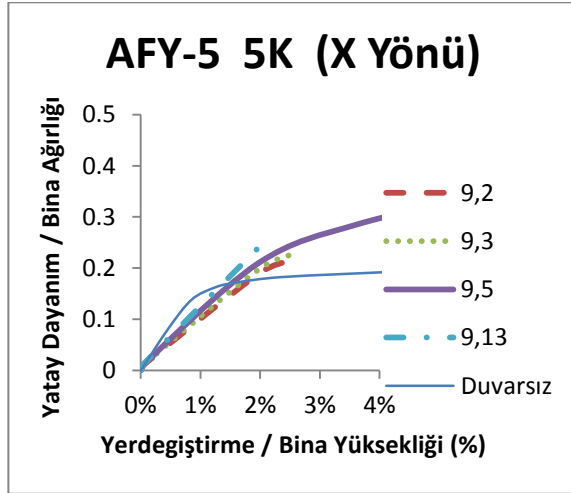
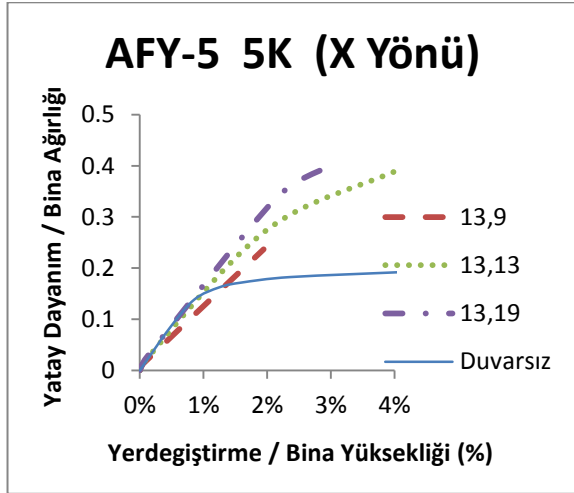
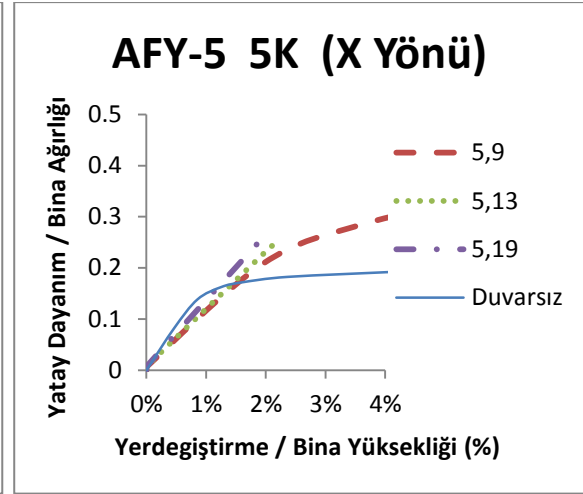
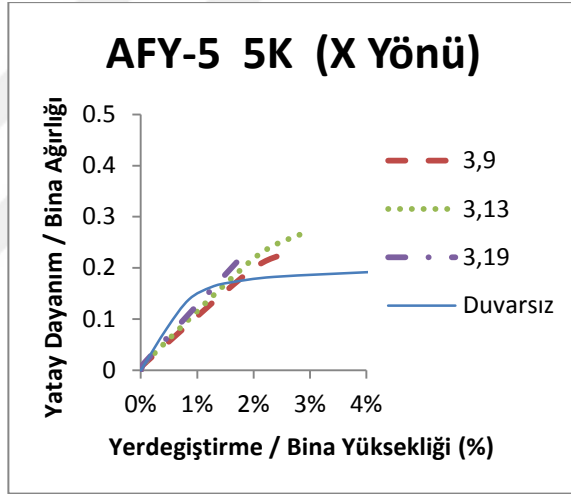
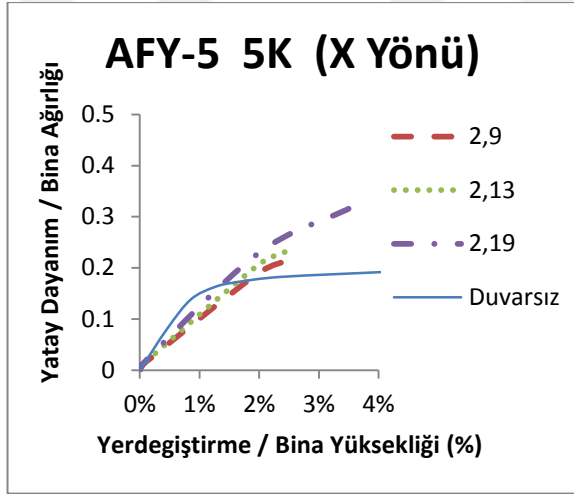
Şekil 6.2. Her iki yöndeki bina periyodlarındaki değişim ($f_{duvar} = 3 \text{ MPa}$)

6.2.2. Binaların kapasite eğrileri

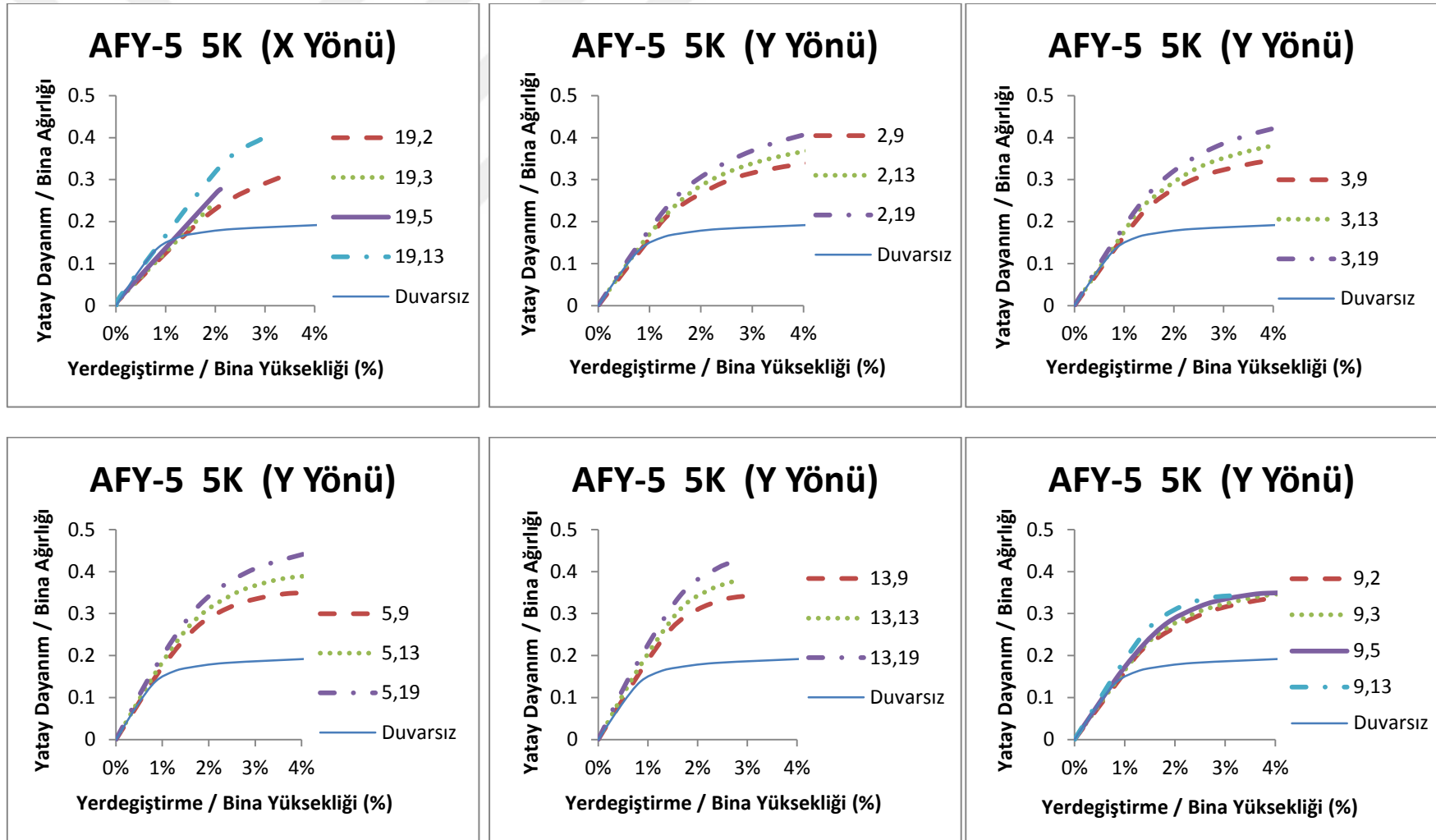
Çözümleme yapılan mevcut 12 adet binanın farklı duvar dayanımı ve duvar kalınlığına göre kapasite eğrileri kıyaslanmıştır.

Bu kıyaslamada ilk olarak duvar dayanımları (f_{duvar}), sabit tutularak dolgu duvar kalınlıkları (t_{duvar}) 9, 13 ve 19 cm olarak artırılmıştır. Daha sonra dolgu duvar kalınlıkları (t_{duvar}) sabit tutularak, dolgu duvar dayanımları (f_{duvar}) 2, 3, 5 ve 13 MPa olmak üzere arttırılarak bina kapasite eğrilerinde ki değişimler karşılaştırılmıştır. Tüm çözümlenmeler binaların her iki doğrultusu için yapılmıştır. Mevcut binaların duvarlı analizlerinde, mimari planları dikkate alınarak çözümlenmeleri yapılmıştır.

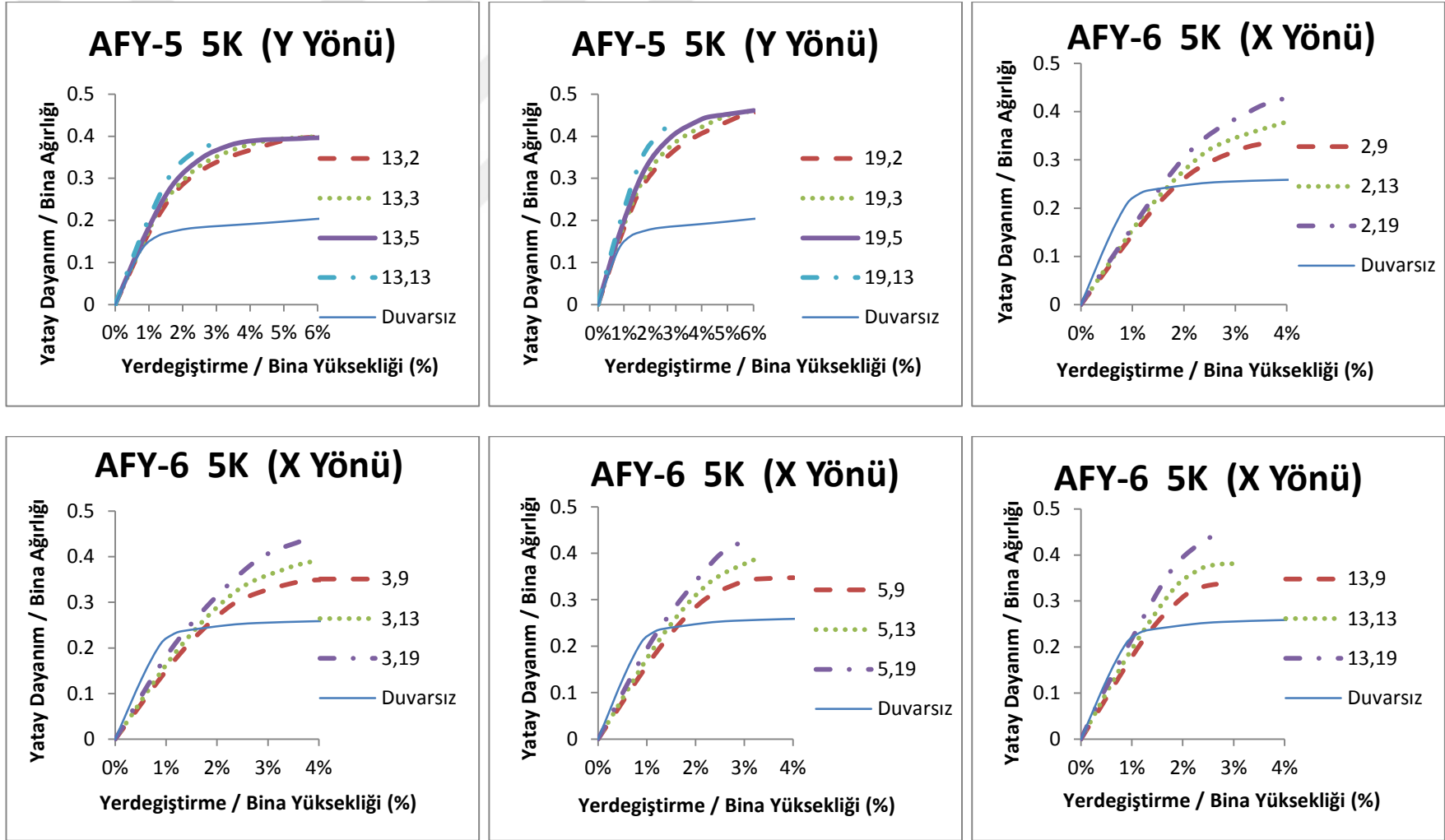
Binaların kat adetlerine göre farklı kalınlık ve dayanım durumunda ki kapasiteleri yatay dayanım/bina ağırlığı ve yerdeğiştirme/bina yüksekliği değerlerine göre grafikleştirilmiştir. 5 katlı binaların kapasite eğrileri Şekil 6.3' de belirtilmiştir. 2, 3 ve 4 katlı binaların kapasite eğrileri ise Ek B' de sırasıyla Ek B.8, Ek B.9, Ek B.10' da verilmiştir. Şekillerde 3 adet grafik olanların ilk değerleri dolgu duvar dayanımlarını (f_{duvar}) ikinci değerleri ise dolgu duvar kalınlıklarını (t_{duvar}) ifade ederken, 4 adet grafik olanların ilk değerleri dolgu duvar kalınlıklarını (t_{duvar}) ikinci değerleri ise dolgu duvar dayanımlarını (f_{duvar}) ifade etmektedir. Örnek olarak grafikteki (2,3) ifadesi $f_{duvar}=2$ MPa $t_{duvar}=3$ cm anlamına gelmektedir.



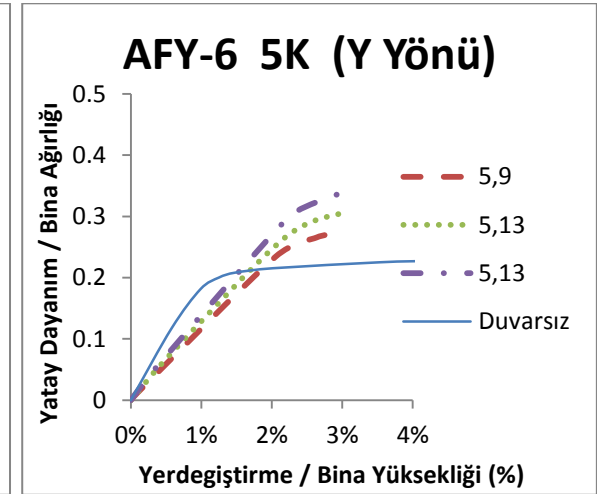
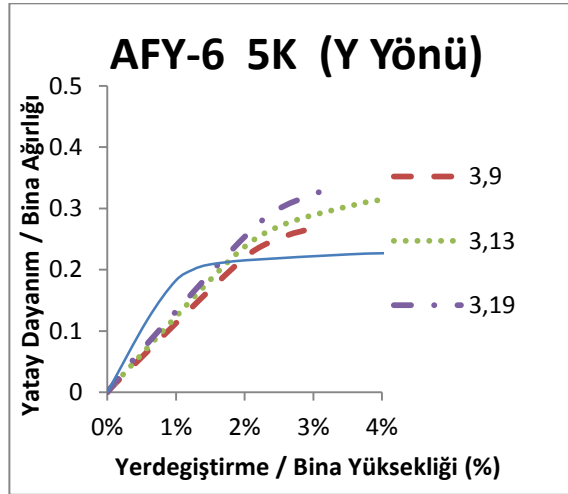
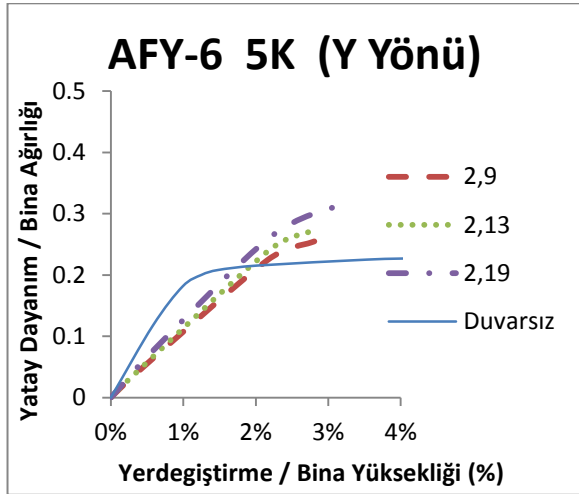
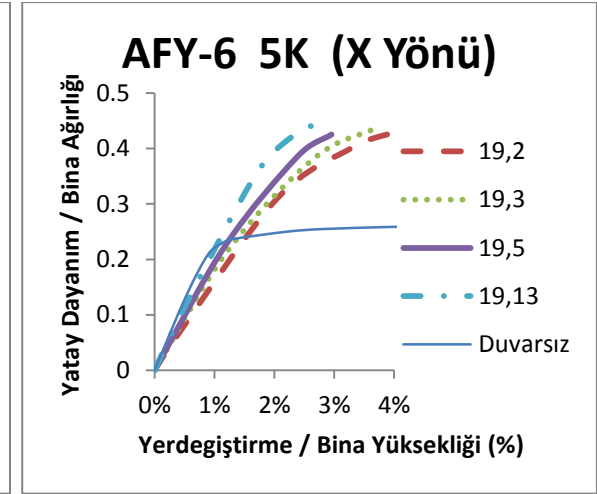
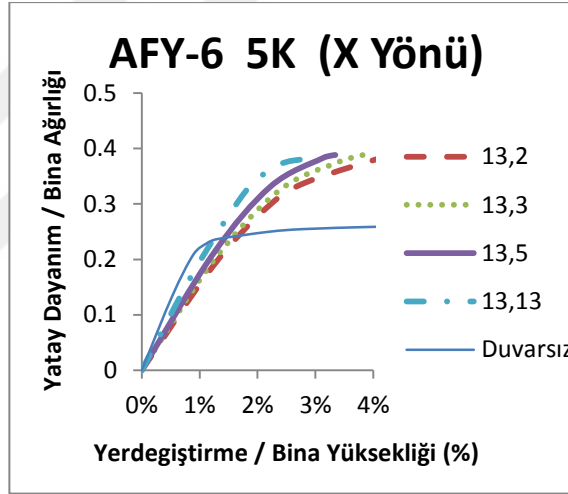
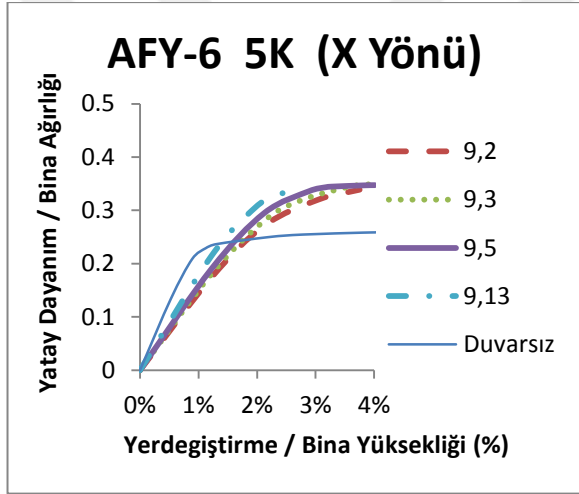
Şekil 6.3. Mevcut 5 katlı binaların kapasite eğriler



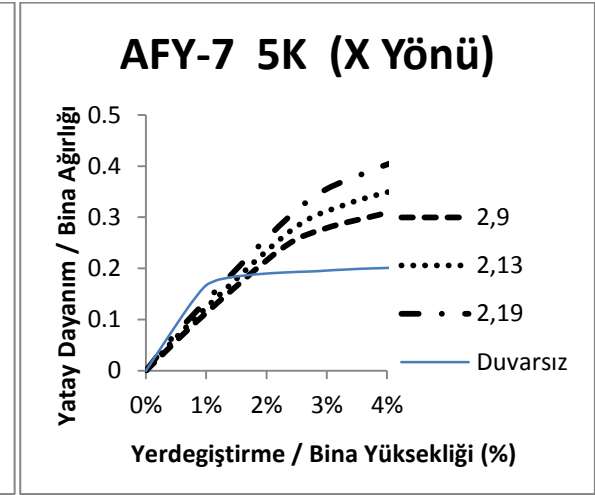
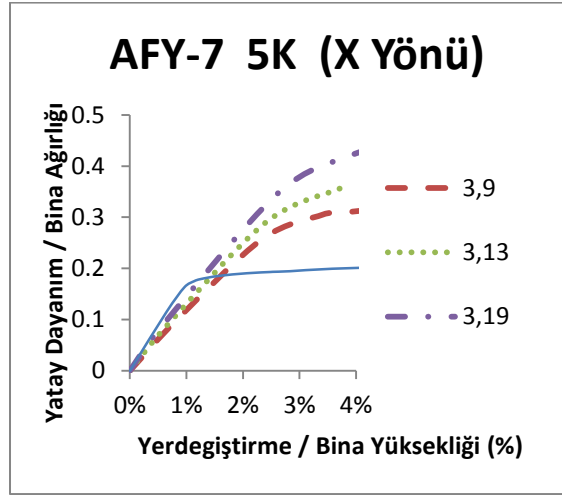
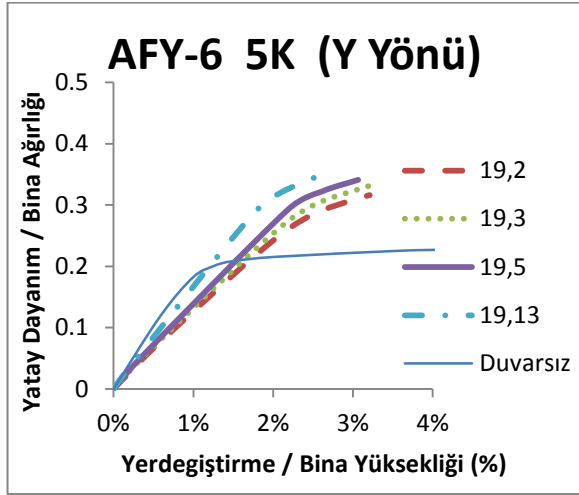
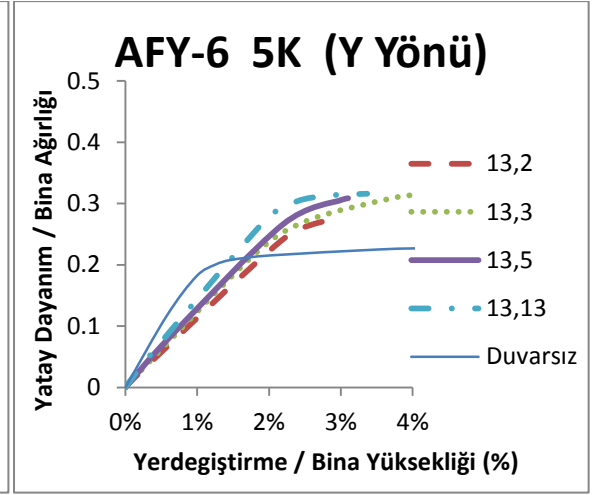
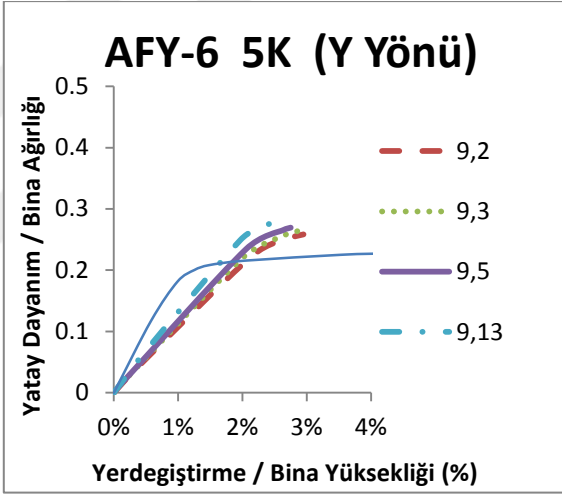
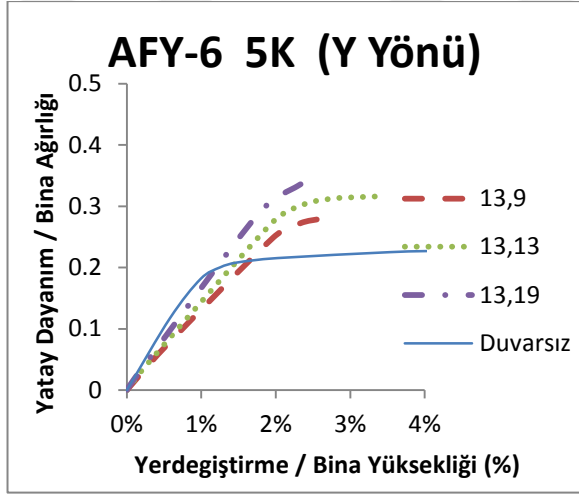
Şekil 6.3. (devam) Mevcut 5 katlı binaların kapasite eğrileri



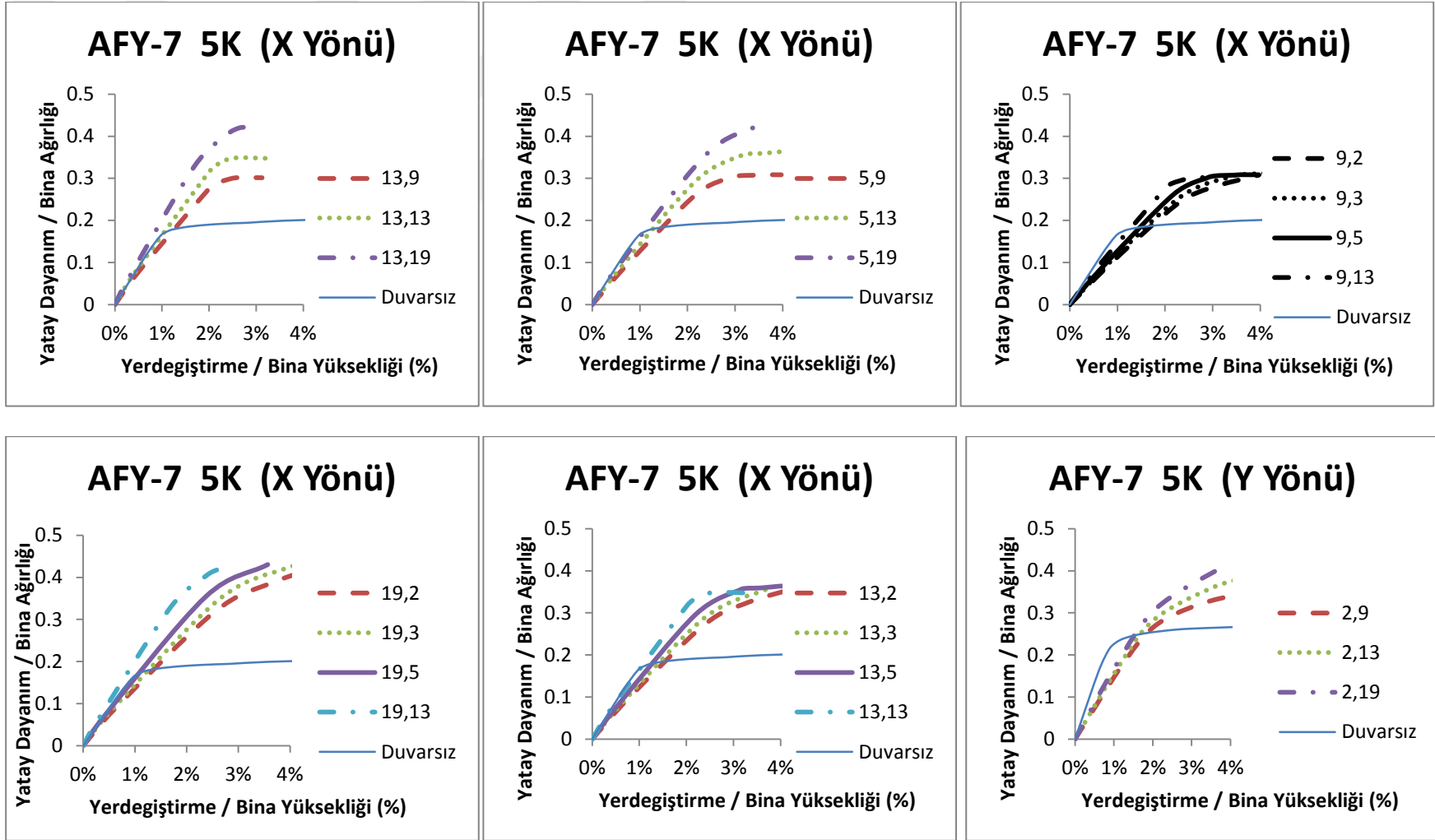
Şekil 6.3. (devam) Mevcut 5 katlı binaların kapasite eğrileri



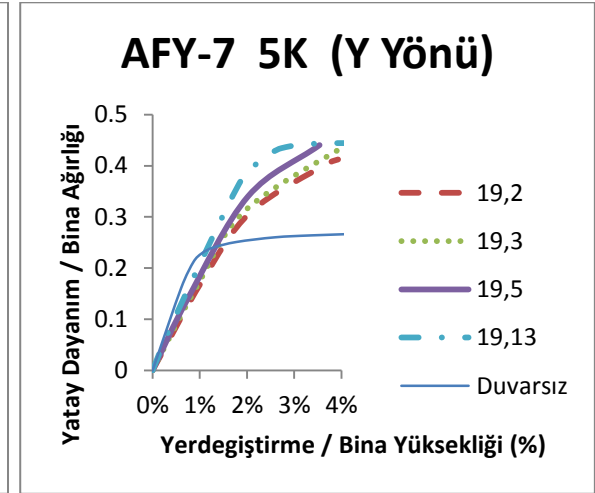
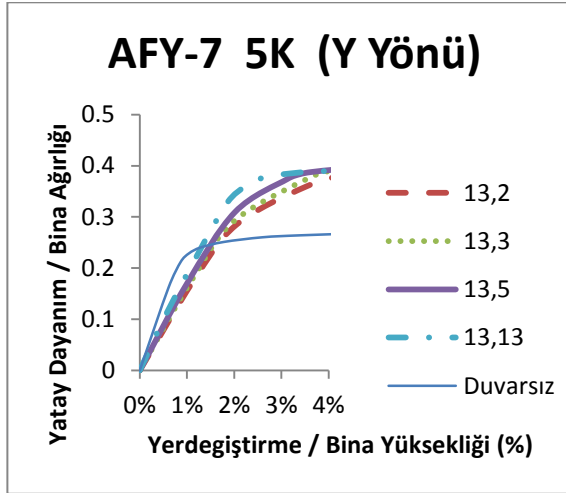
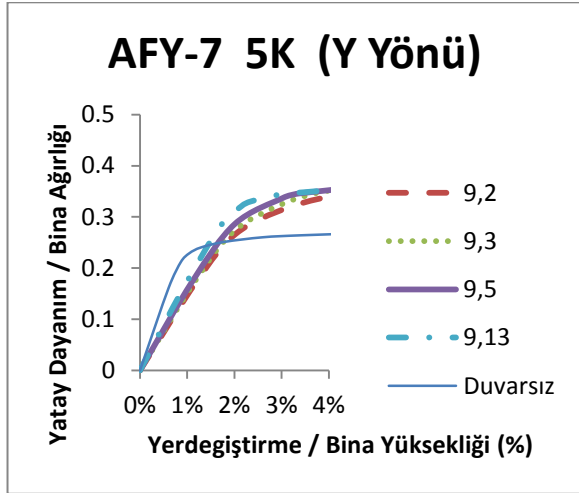
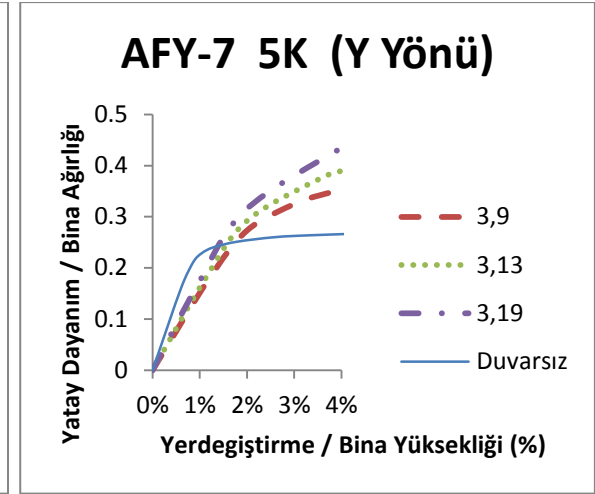
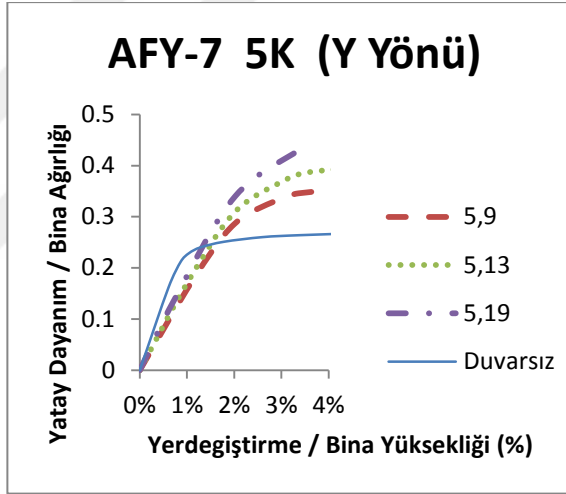
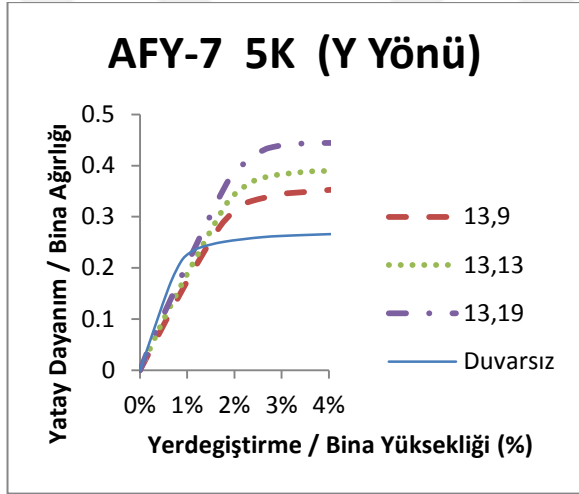
Şekil 6.3. (devam) Mevcut 5 katlı binaların kapasite eğrileri



Şekil 6.3. (devam) Mevcut 5 katlı binaların kapasite eğrileri



Şekil 6.3. (devam) Mevcut 5 katlı binaların kapasite eğrileri



Şekil 6.3. (devam) Mevcut 5 katlı binaların kapasite eğrileri

7. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan konut türü betonarme binaların birçoğu deprem kuşağında yer almaktadır. Bu tez çalışması kapsamında, konut türü betonarme binalarda kullanılan dolgu duvar özelliklerinin binanın performansına nasıl etki edeceği araştırılmıştır. Bunun için Afyon, İstanbul, İzmir ve Burdur illerinde bulunan iki, üç, dört ve beş katlı mevcut binalar dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı olarak modellenmiştir. Betonarme yapı davranışları üzerinde dolgu duvarların etkilerini modellemek için literatürde farklı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler arasında modellemenin pratik olması açısından en çok kullanılan yöntem dolgu duvarların eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesidir.

Toplamda 12 adet binanın doğrusal elastik olmayan yöntem ile performans analizi yapılmıştır. Dolgu duvarsız model binaların can güvenliği performans seviyesini sağlamayarak göçme öncesi ya da göçme durumu performans seviyesinde olup, aynı kolon kesit boyutlarına dolgu duvar eklenmiş ve tekrar analizi yapılarak, bina performans değişimleri incelenmiştir. Hesaplamalarda kullanılan dolgu duvarlar boşluksuz dolgu duvar olarak dikkate alınmıştır.

İlk olarak mevcut on iki adet binanın periyod değişimleri karşılaştırılmış daha sonra BESAM programı kullanılarak kolon ve kiriş elemanlara ait kesit boyut ve özellikleri tanımlanmış ve doğrusal elastik olmayan değerlendirme yönteminde kullanılacak plastik mafsallar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu plastik mafsallar SAP 2000 programında tanımlanarak, mevcut on iki adet binanın statik itme analizi yapılmıştır. SAP 2000 programı yardımıyla dolgu duvarlı modellere aksel kuvvet mafsalları tanımlanmış ve duvarlar eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmiştir. Yapılan statik itme analizinde çatlamış kesit rijitlikleri dikkate alınmıştır. Analiz sonucunda elde edilen kapasite eğrileri, bina kütle ve rijitlik bilgileri tekrar BESAM programına tanımlanarak hedef yerdeğiştirme istemi hesaplanmıştır. Hesaplanan bu hedef yerdeğiştirme istemleri SAP 2000 programında tanımlanarak istenen hedef yerdeğiştirme değerine göre yapının analizi yapılmıştır. Elde edilen analiz sonucundaki kesit tesirleri ve kapasite değerleri

DELOP programında girilerek deprem yönetmeliği (DBYBHY 2007), koşulları çerçevesinde bina performans düzeyleri belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında dolgu duvarların kullanılmasının bina performansında önemli ölçüde olumlu yöndeki etkisi görülmüştür. Çalışmada kullanılan mevcut on iki adet binada dolgu duvarların modellemede dikkate alınmadığı çözümlerinde bina performansı göçme durumu performans seviyesini sağlarken, dolgu duvarların dikkate alınması ile büyük bir çoğunluğunda can güvenliği performans seviyesini sağladığı görülmüştür.

Dolgu duvarlar binalardaki yanal ötelenme rijitliği arttırdığından doğal periyotlarını azalttığı, dolgu duvarlı binaların periyotları dolgu duvarsız binaların periyotlarından daha düşük olduğu, binanın performansını belirleyen hedef yerdeğiştirme istemi ile bina birinci periyotu arasında doğru orantının bulunduğu ve bu değerlerin artmasının binanın performans düzeyine olumsuz etki yaptığı ve binanın periyodu azaldığında hedef yerdeğiştirme isteminin de azaldığı dolayısıyla bina performansını olumlu etkilediği yapılan çalışmalar sonucunda gözlemlenmiştir.

Çalışmada, dolgu duvar dayanımları (f_{duvar}) sabit tutularak, dolgu duvar kalınlıkları (t_{duvar}) 9, 13 ve 19 cm olarak artırılmıştır. Daha sonra dolgu duvar kalınlıkları (t_{duvar}) sabit tutularak, dolgu duvar dayanımları (f_{duvar}) 2, 3, 5 ve 13 MPa olmak üzere artırılarak periyot değerleri ve kapasite eğrileri kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamada gerek dolgu duvar kalınlıklarının gerek dolgu duvar dayanımlarının artmasıyla her iki yöndeki bina periyotlarında azalma meydana gelirken kapasite eğrilerinde artış söz konusudur. Yetersiz kolon kesiti olup göçme durumu performans seviyesinde olan dolgu duvarsız binalara dolgu duvar eklenmesiyle performans düzeylerinin büyük oranda güvenli tarafa geçtiği görülmüştür. Bununla birlikte bazı binalarda dolgu duvar eklenmesiyle yatay yük taşıma kapasitesinin arttığı ancak göçme durumundaki performans seviyelerinin değişmediği de sonuçlarda gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akyürek, O.,2014. Betonarme Bina Performansına Dolgu Duvarların Etkisi Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,86s. Isparta.
- Al-Chaar, G., 2002. Evaluating Strength and Stiffness of Unreinforced Masonry InfillStructures: US Army Corps of Engineers Engineer Research and Development Center Construction Engineering Research Laboratory, TA E8NO.ERDC/CERL TR-02-1, 86p.,
- Beklen, C., 2009. Binalarda Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 126s, Adana.
- BESAM, 2013. Betonarme Elemanlarda Sargı Modellemesi, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (Tübitak) proje numarası (111M119).
- Calio, I., Panto, B., 2014. A Macro-Element Modelling Approach Of Infilled Frame Structures. Computers & Structures, 143, 91-107.
- Celep, Z. 2008. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme - Deprem Yönetmeliği Kavramları, Beta Yayıncılık, İstanbul.
- Celep, Z., 2008. Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi, Meslek İçi Eğitim Programı, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Bülteni, İstanbul.
- Çağlayan, E., 2006. Betonarme Çerçevelerin Yatay Yüklere Göre Analizinde Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 47s.

- Çankaya, A.M. 2011. Dynamic Behavior of Reinforced Concrete Frames With Infill Walls. The Graduate School of Engineering and Sciences of İzmir Institute of Technology, Master of Science, 132s. İzmir.
- DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- DELOP, 2013. Doğrusal Elastik Olmayan Değerlendirme Programı, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (Tübitak) proje numarası (111M119).
- Dilmaç, H.,2017. Konut Türü Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 338s. Isparta.
- Ersoy, U., 2013. Depreme Dayanıklı Betonarme Binaların Öntasarımı İçin Basit Bir Yöntem, Teknik Dergi, 24(4), 6559-6574.
- Gülkan, P., Sözen, M.A., 1999. Procedure For Determining Seismic Vulnerability Of Building Structures, ACI Structural Journal, 96(3), 336-342
- İnel, M., Ozmen, H. B., and Bilgin, H., 2008. Re-evaluation Of Building Damages During Recent Earthquakes İn Turkey, Engineering Structures, 30, 412-427.
- Jinya, M. H., Patel, V. 2014. Analysis Of RC Frame With And Without Masonry Infill Wall With Different Stifness With Outer Central Opening. International Journal of Research in Engineering and Technology. 3(6), 76-83.
- Kutunis, M., 2008. Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı 2, İnşaat Mühendisleri Odası, Sakarya Bülteni, Sakarya.

Mondal, G., Jain, S. K. 2008. Lateral Stiffness Of Masonry Infilled Reinforced Concrete (Rc) Frames With Central Opening. Earthquake Spectra, 24(3), 701723

Nwofor, T., Chinwah, J. (2012). Finite Element Modeling of Shear Strength of Infilled Frames with Openings. International Journal of Engineering and Technology, 136(3), 285-296.

Saydam, A., 2016. Betonarme Binalarda Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 63s. Isparta.

Şan, M., 2016. Betonarme Çerçeve Boşluklu Dolgu Duvarların Modellenmesi Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81s. Isparta.

Tar, Ö.İ., 2010. Dolgu Duvarların Modellenmesinde Kullanılan Eş Değer Basınç Çubuğu Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85s. İstanbul.

Tekeli, H., Dilmaç, H., Demir, F., Gençoğlu, M., Güler, K., 2017. Shear Stress Indicator to Predict Seismic Performance of Residential RC Buildings. Computer and Concrete, Vol. 19, March, 283-291.

Tetik, D. 2007. Dolgu Duvarların Betonarme Yapıların Serbest Titreşimine Etkisi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 128s. İstanbul.

Uysal, K.E, 2013. Betonarme Binalarda Dolgu Duvarların Deprem Etkisi Altındaki Davranışının İncelenmesi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 243s. İstanbul

Yakut, A., Binici, B., Demirel, İ., Özcebe, G. 2013. Dolgu Duvarların Deprem

Davranışına Etkisi. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül, MKÜ – Hatay.



EKLER

EK A. Çizelgeler

EK B. Şekiller

EK C. Kalıp Planları



EK A. Çizelgeler

Çizelge A.1. 2 katlı AFY-1 binasının performans sonuçları

AFY-1 2 KATLI												
Malz. Türü	Titreşim Periyodu, T (sn)				Kütle Katılım Oranları				Hedef Yerdeğiştirme		Performans	
	Çatlamamış		Çatlamış		1.Kat		2.Kat		(mm)		Yön	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Duvarsız	0.25	0.3	0.38	0.46	0.5	0.5	1	1	67	94	GD	GD
(*) f3.3t23	0.22	0.257	0.3	0.336	0.528	0.534	1	1	46	52	CG	CG
f2t9	0.235	0.278	0.34	0.4	0.55	0.52	1	1	50	72	GD	GD
f2t13	0.231	0.272	0.329	0.384	0.556	0.52	1	1	43	66	GD	CG
f2t19	0.226	0.265	0.315	0.267	0.56	0.53	1	1	37	57	GD	CG
f3t9	0.233	0.275	0.334	0.393	0.553	0.52	1	1	45	69	GD	CG
f3t13	0.228	0.269	0.321	0.375	0.56	0.525	1	1	37	62	GD	CG
f3t19	0.222	0.26	0.305	0.357	0.56	0.52	1	1	31	54	GD	CG
f5t9	0.23	0.271	0.325	0.38	0.556	0.52	1	1	42	65	GD	CG
f5t13	0.225	0.263	0.311	0.365	0.56	0.53	1	1	26	56	GD	CG
f5t19	0.217	0.253	0.293	0.328	0.57	0.54	1	1	16	51	GD	CG
f13t9	0.222	0.26	0.305	0.344	0.56	0.53	1	1	34	57	GD	CG
f13t13	0.215	0.251	0.287	0.321	0.57	0.54	1	1	20	52	GD	CG
f13t19	0.206	0.4	0.266	0.295	0.58	0.55	1	1	11	44	GD	CG

(*) Dilmaç (2017)

Çizelge A.2. 2 katlı İZM-1 binasının performans sonuçları

İZM-1 2 KATLI												
Malz. Türü	Titreşim Periyodu, T (sn)				Kütle Katılım Oranları				Hedef Yerdeğiştirme		Performans	
	Çatlamamış		Çatlamış		1.Kat		2.Kat		(mm)		Yön	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Duvarsız	0.26	0.36	0.40	0.56	0.56	0.5	1	1	78	126	GD	GD
(*) f3.3t23	0.217	0.264	0.317	0.303	0.577	0.56	1	1	48	44	CG	CG
f2t9	0.241	0.313	0.338	0.216	0.53	0.53	1	1	54	69	GD	GD
f2t13	0.235	0.299	0.362	0.285	0.58	0.54	1	1	50	54	CG	CG
f2t19	0.227	0.282	0.332	0.35	0.56	0.55	1	1	47	42	CG	CG
f3t9	0.238	0.306	0.374	0.399	0.56	0.54	1	1	48	61	CG	CG
f3t13	0.231	0.289	0.344	0.364	0.56	0.55	1	1	39	38	CG	CG
f3t19	0.222	0.272	0.316	0.331	0.57	0.56	1	1	30	1	CG	CG
f5t9	0.233	0.295	0.355	0.376	0.56	0.55	1	1	19	53	CG	CG
f5t13	0.225	0.278	0.326	0.343	0.57	0.55	1	1	12	34	CG	CG
f5t19	0.217	0.262	0.298	0.308	0.57	0.56	1	1	5	22	CG	CG
f13t9	0.228	0.284	0.316	0.332	0.57	0.57	1	1	35	40	CG	CG
f13t13	0.219	0.267	0.287	0.298	0.57	0.55	1	1	34	26	CG	CG
f13t19	0.212	0.251	0.260	0.267	0.258	0.263	0.57	0.56	1	1	CG	CG

(*) Dilmaç (2017)

Çizelge A.3. 2 katlı İST-1 binasının performans sonuçları

İST-1 2 KATLI												
Malz. Türü	Titreşim Periyodu, T (sn)				Kütle Katılım Oranları				Hedef Yerdeğiştirme		Performans	
	Çatlamamış		Çatlamış		1.Kat		2.Kat		(mm)		Yön	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Duvarsız	0.25	0.23	0.39	0.35	0.49	0.45	1	1	75	57	GD	GD
(*) f3.3t23	0.221	0.202	0.296	0.275	0.525	0.489	1	1	54	14	CG	CG
f2t9	0.239	0.215	0.342	0.312	0.507	0.47	1	1	60	40	CG	CG
f2t13	0.234	0.212	0.28	0.301	0.51	0.477	1	1	56	38	CG	CG
f2t19	0.227	0.207	0.311	0.287	0.52	0.48	1	1	52	36	CG	CG
f3t9	0.236	0.214	0.335	0.306	0.51	0.47	1	1	58	39	CG	CG
f3t13	0.231	0.209	0.32	0.294	0.52	0.48	1	1	53	36	CG	CG
f3t19	0.223	0.203	0.301	0.279	0.52	0.48	1	1	49	10	CG	CG
f5t9	0.234	0.212	0.329	0.301	0.51	0.48	1	1	59	30	CG	HK
f5t13	0.226	0.206	0.308	0.284	0.52	0.48	1	1	51	26	CG	HK
f5t19	0.218	0.199	0.287	0.26	0.527	0.49	1	1	46	19	CG	HK
f13t9	0.224	0.204	0.302	0.279	0.52	0.487	1	1	48	28	CG	HK
f13t13	0.215	0.197	0.281	0.262	0.53	0.495	1	1	41	13	CG	HK
f13t19	0.204	0.188	0.259	0.242	0.536	0.5	1	1	59	7	CG	HK

(*) Dilmaç (2017)

Çizelge A.4. 3 katlı AFY-2 binasının performans sonuçları

AFY-2 3 KATLI														
Malz. Türü	Titreşim Periyodu, T (sn)				Kütle Katılım Oranları						Hedef Yerdeğiştirme		Performans	
	Çatlamamış		Çatlamış		1.Kat		2.Kat		3.Kat		(mm)		Yön	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Duvarsız	0.46	0.43	0.69	0.64	0.32	0.34	0.74	0.76	1	1	187	170	GD	GD
(*) f3.3t23	0.375	0.347	0.474	0.438	0.375	0.389	0.785	0.792	1	1	94	91	CG	CG
f2t9	0.419	0.389	0.576	0.534	0.35	0.36	0.77	0.78	1	1	137	128	GD	GD
f2t13	0.407	0.378	0.549	0.505	0.36	0.37	0.77	0.78	1	1	124	116	GD	GD
f2t19	0.192	0.363	0.509	0.471	0.367	0.38	0.78	0.79	1	1	107	104	GD	GD
f3t9	0.413	0.383	0.559	0.518	0.35	0.37	0.77	0.78	1	1	131	122	GD	GD
f3t13	0.399	0.37	0.526	0.487	0.36	0.37	0.777	0.78	1	1	117	109	GD	GD
f3t19	0.382	0.354	0.488	0.451	0.37	0.38	0.78	0.79	1	1	99	97	GD	GD
f5t9	0.404	0.375	0.537	0.497	0.36	0.37	0.77	0.78	1	1	124	114	GD	GD
f5t13	0.388	0.359	0.501	0.463	0.368	0.38	0.78	0.787	1	1	70	69	GD	GD
f5t19	0.368	0.341	0.46	0.425	0.378	0.39	0.78	0.787	1	1	107	100	GD	GD
f13t9	0.382	0.354	0.489	0.452	0.37	0.38	0.78	0.79	1	1	89	86	GD	GD
f13t13	0.362	0.335	0.449	0.414	0.38	0.39	0.78	0.79	1	1	108	99	CG	GD
f13t19	0.339	0.313	0.406	0.375	0.39	0.398	0.79	0.79	1	1	91	83	CG	GD

(*) Dilmaç (2017)

Çizelge A.5. 3 katlı BUR-1 binasının performans sonuçları

BUR-1 3 KATLI														
Malz. Türü	Titreşim Periyodu, T (sn)				Kütle Katılım Oranları						Hedef Yerdeğiştirme		Performans	
	Çatlamamış		Çatlamış		1.Kat		2.Kat		3.Kat		(mm)		Yön	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Duvarsız	0.47	0.32	0.7	0.48	0.29	0.25	0.709	0.66	1	1	186	108	GD	GD
(*) f3.3t23	0.393	0.289	0.502	0.4	0.341	0.266	0.743	0.706	1	1	110	79	CG	CG
f2t9	0.434	0.304	0.597	0.441	0.29	0.26	0.6	0.64	1	1	148	95	GD	CG
f2t13	0.422	0.3	0.568	0.429	0.296	0.26	0.71	0.675	1	1	133	90	GD	CG
f2t19	0.407	0.294	0.533	0.413	0.3	0.26	0.72	0.68	1	1	119	85	GD	CG
f3t9	0.435	0.304	0.6	0.443	0.287	0.26	0.7	0.67	1	1	146	95	GD	CG
f3t13	0.414	0.297	0.549	0.421	0.3	0.265	0.716	0.677	1	1	126	87	GD	CG
f3t19	0.398	0.291	0.512	0.403	0.31	0.265	0.72	0.68	1	1	132	81	GD	CG
f5t9	0.419	0.299	0.56	0.426	0.3	0.264	0.71	0.67	1	1	132	87	GD	CG
f5t13	0.404	0.293	0.525	0.41	0.31	0.265	0.72	0.687	1	1	118	82	GD	CG
f5t19	0.385	0.286	0.485	0.39	0.32	0.26	0.73	0.68	1	1	102	73	GD	CG
f13t9	0.398	0.291	0.513	0.404	0.31	0.265	0.72	0.68	1	1	119	80	GD	CG
f13t13	0.379	0.283	0.474	0.383	0.32	0.26	0.73	0.67	1	1	104	71	GD	CG
f13t19	0.356	0.273	0.431	0.364	0.33	0.336	0.74	0.736	1	1	87	64	GD	CG

(*) Dilmaç (2017)

Çizelge A.6. 3 katlı BUR-2 binasının performans sonuçları

BUR-2 3 KATLI														
Malz. Türü	Titreşim Periyodu, T (sn)				Kütle Katılım Oranları						Hedef Yerdeğiştirme		Performans	
	Çatlamamış		Çatlamış		1.Kat		2.Kat		3.Kat		(mm)		Yön	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Duvarsız	0.38	0.41	0.57	0.62	0.33	0.31	0.75	0.73	1	1	144	164	GD	GD
(*) f3.3t23	0.335	0.357	0.447	0.471	0.361	0.35	0.772	0.763	1	1	94	101	CG	CG
f2t9	0.358	0.385	0.51	0.545	0.346	0.33	0.76	0.75	1	1	119	130	CG	CG
f2t13	0.351	0.377	0.491	0.521	0.35	0.335	0.76	0.75	1	1	111	120	CG	CG
f2t19	0.344	0.366	0.467	0.493	0.355	0.34	0.77	0.758	1	1	101	109	CG	CG
f3t9	0.355	0.381	0.5	0.532	0.347	0.33	0.75	0.75	1	1	115	126	CG	CG
f3t13	0.346	0.371	0.478	0.506	0.35	0.338	0.77	0.75	1	1	105	115	CG	CG
f3t19	0.337	0.359	0.452	0.475	0.36	0.35	0.77	0.76	1	1	95	102	CG	CG
f5t9	0.349	0.374	0.484	0.513	0.35	0.34	0.76	0.75	1	1	109	120	CG	CG
f5t13	0.34	0.362	0.46	0.484	0.357	0.34	0.77	0.76	1	1	100	113	CG	CG
f5t19	0.328	0.348	0.431	0.451	0.36	0.35	0.77	0.76	1	1	88	94	CG	CG
f13t9	0.335	0.357	0.448	0.471	0.36	0.35	0.77	0.76	1	1	98	107	CG	CG
f13t13	0.322	0.342	0.419	0.438	0.37	0.36	0.776	0.76	1	1	87	94	CG	CG
f13t19	0.306	0.323	0.386	0.401	0.377	0.365	0.78	0.77	1	1	73	78	CG	CG

(*) Dilmaç (2017)

Çizelge A.7. 4 katlı AFY-3 binasının performans sonuçları

AFY-3 4 KATLI																
Malz. Türü	Titreşim Periyodu, T (sn)				Kütle Katılım Oranları								Hedef Yerdeğiştirme		Performans	
	Çatlamamış		Çatlamış		1.Kat		2.Kat		3.Kat		4.Kat		(mm)		Yön	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Duvarsız	0.92	1.02	1.36	1.48	0.15	0.14	0.45	0.42	0.75	0.73	1	1	432	481	GD	GD
(*) f3.3t23	0.894	1.03	0.987	1.138	0.179	0.16	0.498	0.45	0.787	0.76	1	1	290	347	CG	CG
f2t9	1.01	1.14	1.14	1.29	0.15	0.14	0.44	0.44	0.75	0.75	1	1	349	405	CG	GD
f2t13	0.97	1.1	1.09	1.23	0.16	0.15	0.46	0.45	0.76	0.75	1	1	330	382	CG	GD
f2t19	0.92	1.05	1.02	1.17	0.17	0.16	0.48	0.46	0.78	0.76	1	1	302	360	CG	GD
f3t9	0.99	1.12	1.11	1.26	0.15	0.15	0.46	0.45	0.76	0.75	1	1	366	394	CG	GD
f3t13	0.94	1.08	1.05	1.2	0.16	0.16	0.47	0.46	0.77	0.76	1	1	315	370	CG	GD
f3t19	0.89	1.02	0.99	1.13	0.18	0.16	0.49	0.47	0.78	0.77	1	1	292	343	CG	GD
f5t9	0.96	1.09	1.07	1.22	0.16	0.15	0.48	0.45	0.76	0.76	1	1	324	377	CG	GD
f5t13	0.9	1.01	1.01	1.16	0.17	0.16	0.48	0.46	0.77	0.76	1	1	300	356	CG	GD
f5t19	0.85	0.98	0.93	1.08	0.18	0.17	0.5	0.47	0.79	0.77	1	1	270	325	CG	GD
f13t9	0.89	1.02	0.99	1.13	0.17	0.16	0.48	0.47	0.78	0.77	1	1	292	343	CG	GD
f13t13	0.83	0.96	0.92	1.06	0.18	0.17	0.5	0.48	0.79	0.77	1	1	266	318	CG	GD
f13t19	0.77	0.9	0.97	1.11	0.18	0.16	0.49	0.47	0.79	0.77	1	1	284	336	CG	GD

(*) Dilmaç (2017)

Çizelge A.8. 4 katlı AFY-4 binasının performans sonuçları

AFY-4 4 KATLI																
Malz. Türü	Titreşim Periyodu, T (sn)				Kütle Katılım Oranları								Hedef Yerdeğiştirme		Performans	
	Çatlamamış		Çatlamış		1.Kat		2.Kat		3.Kat		4.Kat		(mm)		Yön	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Duvarsız	0.59	0.56	0.88	0.83	0.2	0.21	0.54	0.55	0.82	0.83	1	1	252	234	GD	GD
(*) f3.3t23	0.49	0.48	0.64	0.629	0.234	0.257	0.572	0.594	0.842	0.859	1	1	166	161	CG	CG
f2t9	0.54	0.52	0.76	0.73	0.22	0.24	0.55	0.58	0.83	0.85	1	1	206	194	GD	GD
f2t13	0.53	0.51	0.72	0.70	0.22	0.25	0.56	0.52	0.84	0.86	1	1	191	184	GD	CG
f2t19	0.51	0.5	0.68	0.66	0.23	0.25	0.57	0.59	0.84	0.86	1	1	177	168	GD	CG
f3t9	0.54	0.53	0.76	0.73	0.22	0.24	0.55	0.58	0.83	0.85	1	1	207	195	GD	CG
f3t13	0.53	0.51	0.7	0.68	0.23	0.25	0.56	0.59	0.84	0.86	1	1	184	175	GD	CG
f3t19	0.5	0.49	0.66	0.64	0.23	0.26	0.57	0.6	0.84	0.86	1	1	170	162	CG	CG
f5t9	0.52	0.51	0.71	0.69	0.22	0.25	0.56	0.57	0.84	0.86	1	1	184	182	CG	CG
f5t13	0.51	0.49	0.67	0.65	0.23	0.25	0.57	0.59	0.84	0.86	1	1	174	165	CG	CG
f5t19	0.49	0.48	0.63	0.61	0.24	0.26	0.57	0.6	0.84	0.86	1	1	150	150	CG	CG
f13t9	0.5	0.49	0.66	0.64	0.23	0.26	0.57	0.59	0.84	0.86	1	1	172	164	CG	CG
f13t13	0.48	0.47	0.61	0.6	0.24	0.26	0.58	0.6	0.84	0.86	1	1	154	148	CG	CG
f13t19	0.45	0.44	0.56	0.55	0.25	0.27	0.58	0.6	0.85	0.86	1	1	136	127	CG	CG

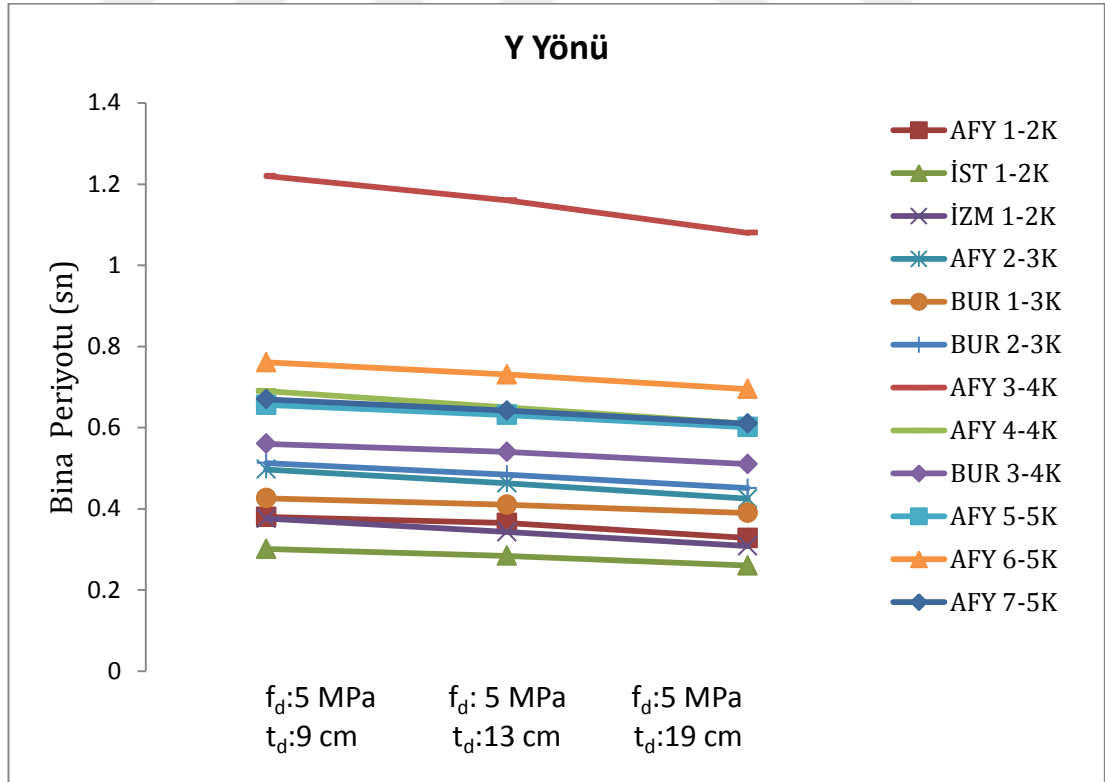
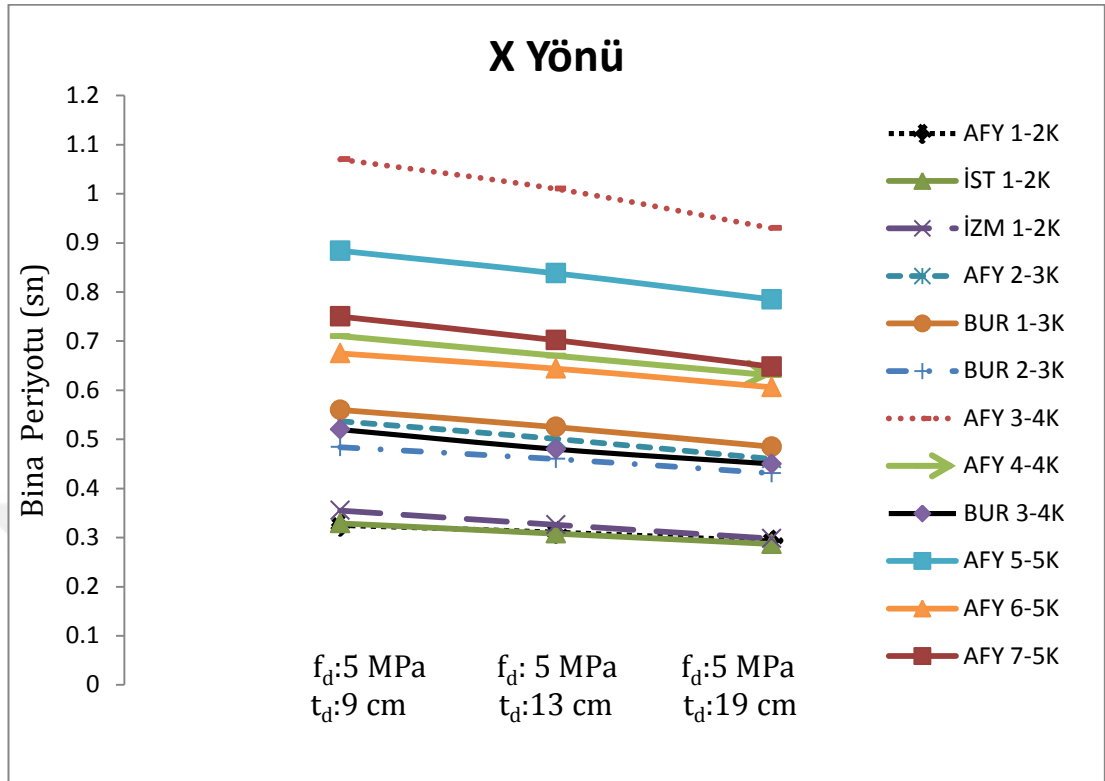
(*) Dilmaç (2017)

Çizelge A.9. 4 katlı BUR-3 binasının performans sonuçları

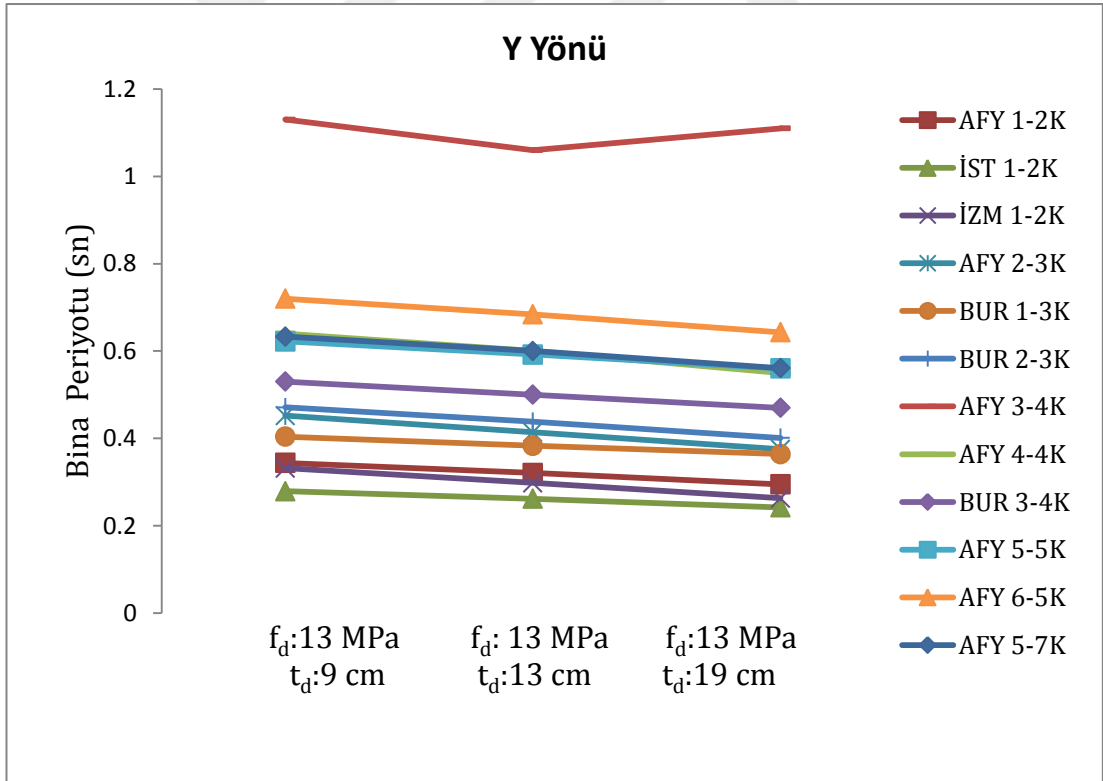
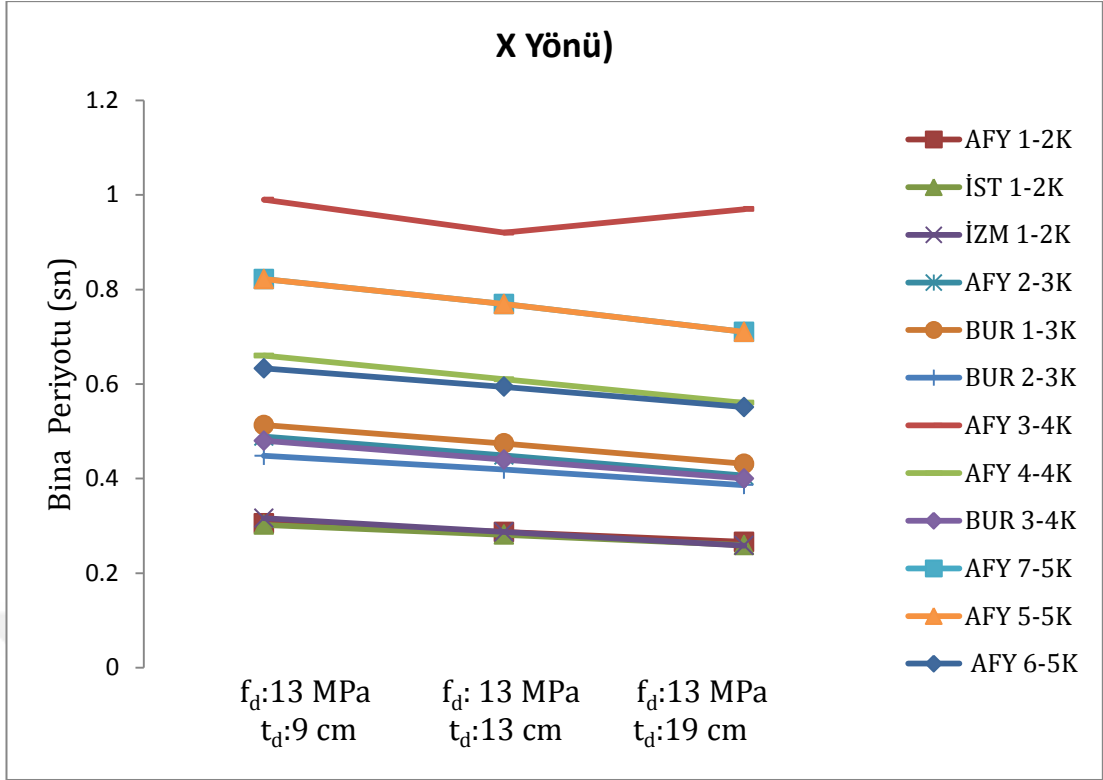
BUR-3 4 KATLI																
Malz. Türü	Titreşim Periyodu, T (sn)				Kütle Katılım Oranları								Hedef Yerdeğiştirme		Performans	
	Çatlamamış		Çatlamış		1.Kat		2.Kat		3.Kat		4.Kat		(mm)		Yön	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Duvarsız	0.49	0.43	0.75	0.64	0.26	0.24	0.6	0.58	0.86	0.85	1	1	204	166	GD	GD
(*) f3.3t23	0.4	0.384	0.501	0.522	0.297	0.269	0.624	0.604	0.868	0.869	1	1	106	117	CG	CG
f2t9	0.45	0.41	0.61	0.58	0.28	0.25	0.62	0.59	0.87	0.85	1	1	148	143	CG	HK
f2t13	0.43	0.4	0.58	0.56	0.29	0.24	0.62	0.58	0.87	0.85	1	1	136	136	CG	HK
f2t19	0.42	0.39	0.55	0.54	0.3	0.17	0.62	0.56	0.87	0.69	1	1	122	125	CG	HK
f3t9	0.44	0.4	0.6	0.57	0.28	0.25	0.62	0.58	0.87	0.85	1	1	143	140	CG	HK
f3t13	0.42	0.39	0.56	0.55	0.29	0.22	0.62	0.57	0.87	0.84	1	1	127	131	CG	HK
f3t19	0.41	0.38	0.48	0.53	0.29	0.27	0.61	0.6	0.85	0.86	1	1	108	123	CG	HK
f5t9	0.43	0.4	0.52	0.56	0.29	0.24	0.62	0.58	0.86	0.85	1	1	123	135	CG	HK
f5t13	0.41	0.39	0.48	0.54	0.29	0.27	0.61	0.6	0.86	0.83	1	1	110	129	CG	HK
f5t19	0.39	0.38	0.45	0.51	0.29	0.27	0.61	0.6	0.86	0.86	1	1	96	114	CG	HK
f13t9	0.4	0.39	0.48	0.53	0.29	0.27	0.61	0.6	0.88	0.86	1	1	108	124	CG	HK
f13t13	0.38	0.37	0.44	0.5	0.29	0.27	0.61	0.61	0.86	0.86	1	1	93	111	CG	HK
f13t19	0.36	0.35	0.4	0.47	0.29	0.28	0.61	0.61	0.85	0.86	1	1	78	100	CG	HK

(*) Dilmaç (2017)

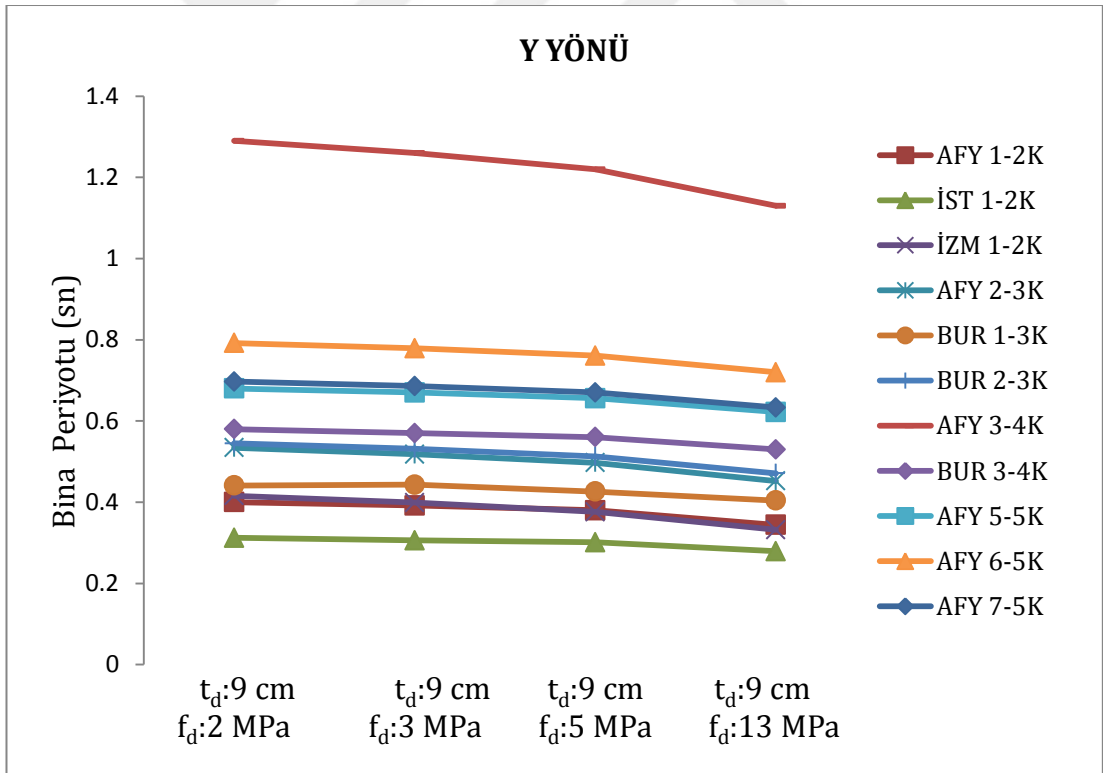
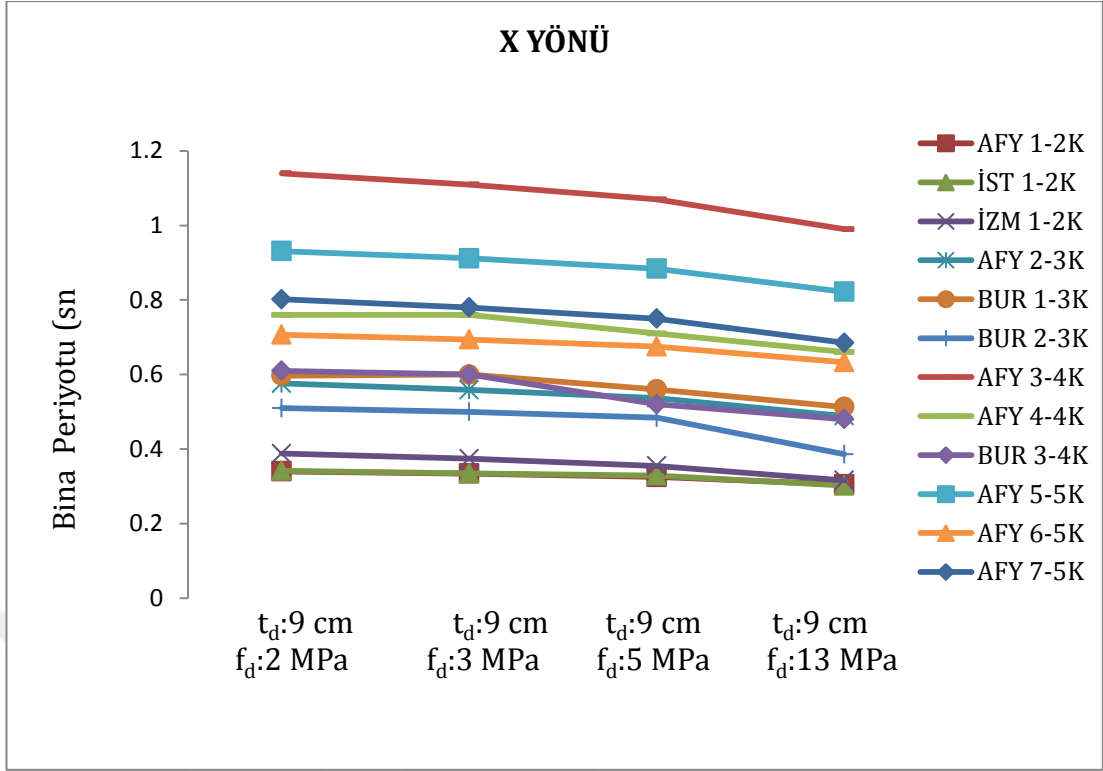
EK B. Şekiller



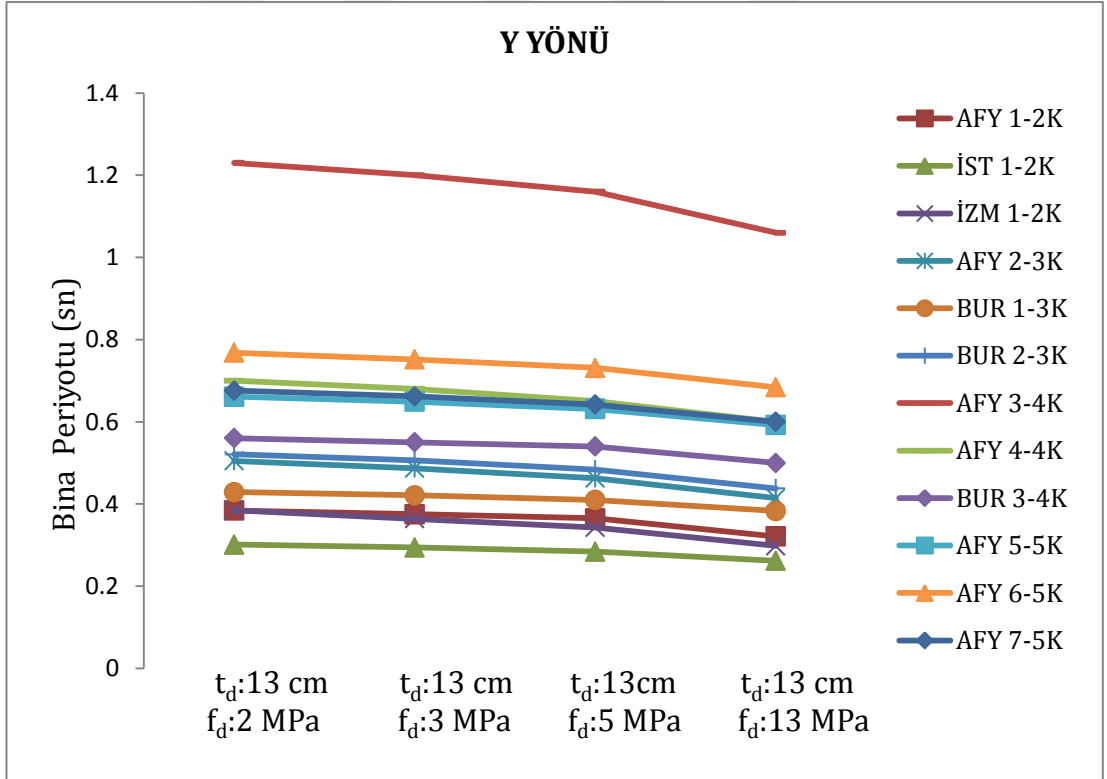
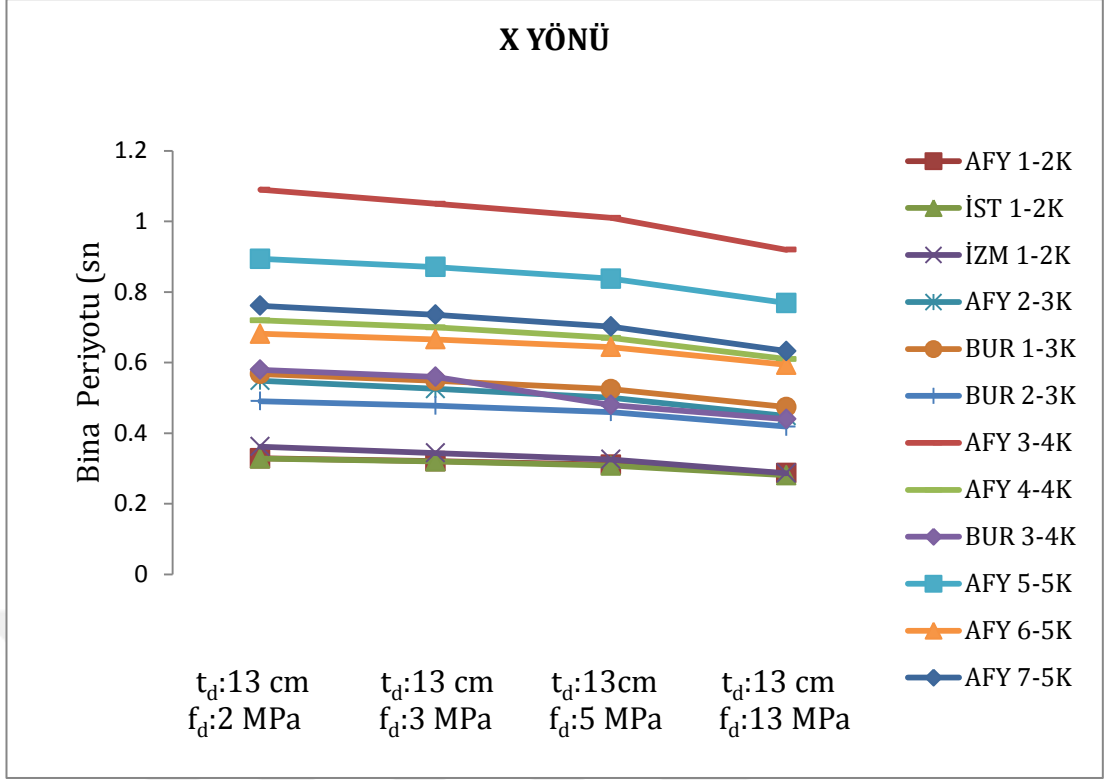
Şekil B.1. Her iki yöndeki bina periyotlarındaki değişim ($f_{duvar} = 5 \text{ MPa}$)



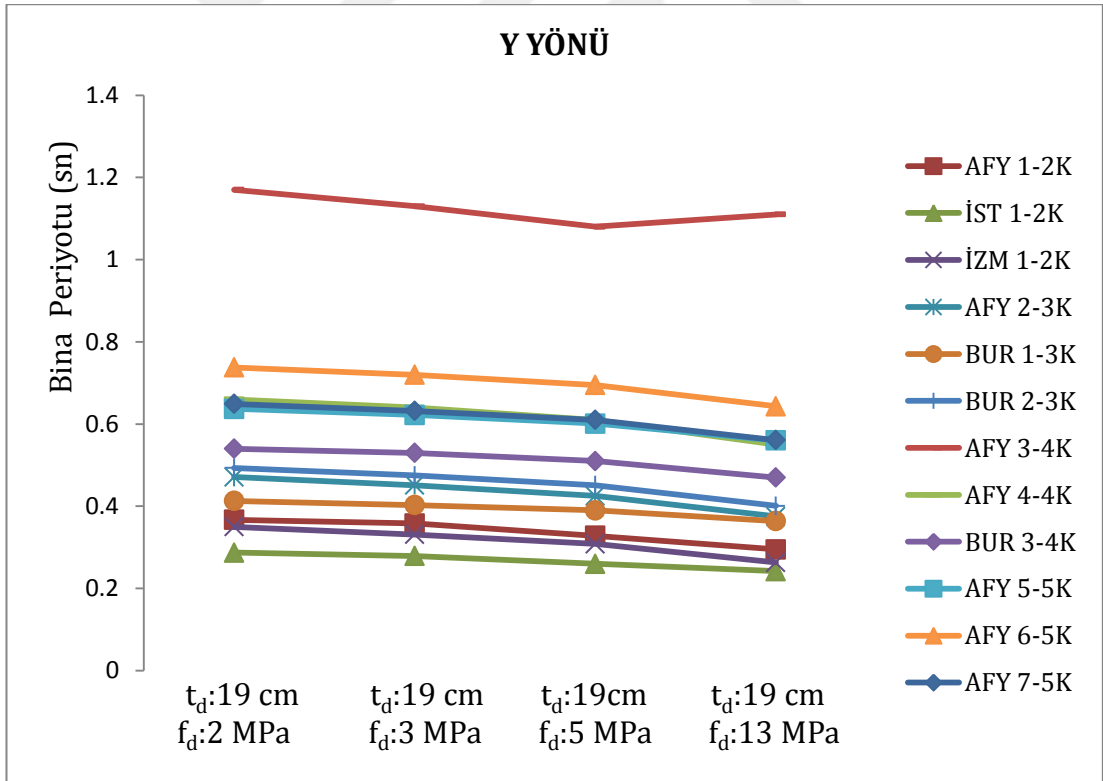
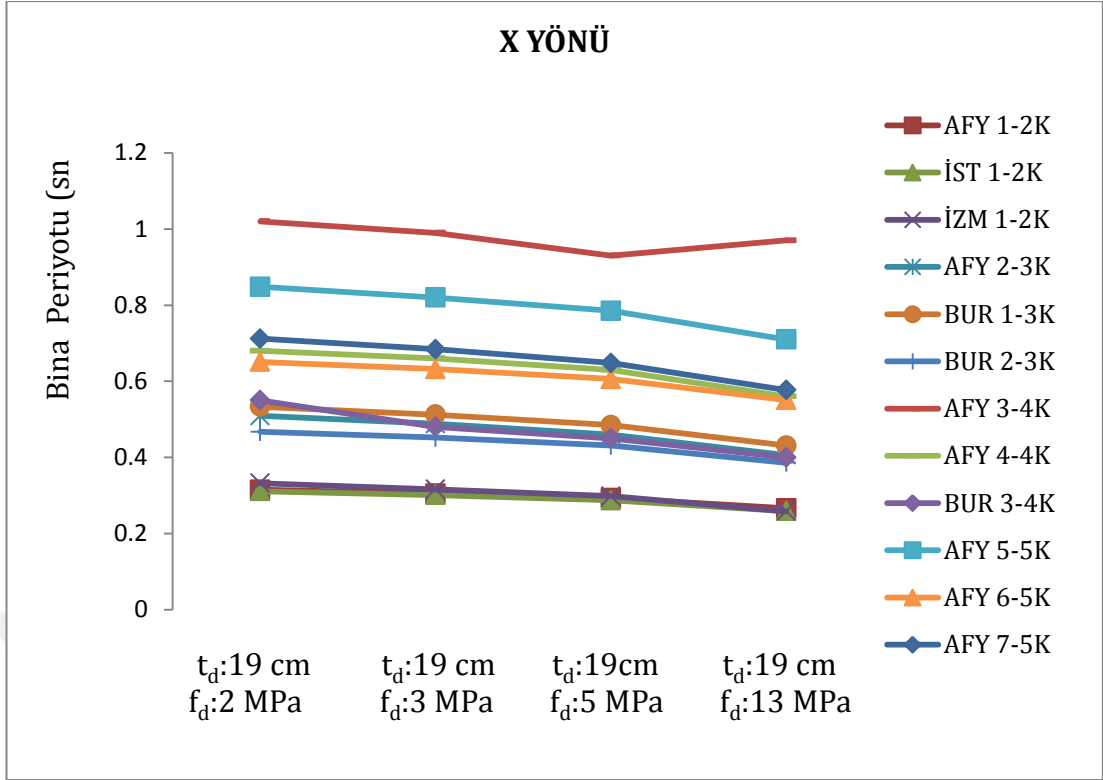
Şekil B.2. Her iki yöndeki bina periyotlarındaki değişim ($f_{duvar} = 13 \text{ MPa}$)



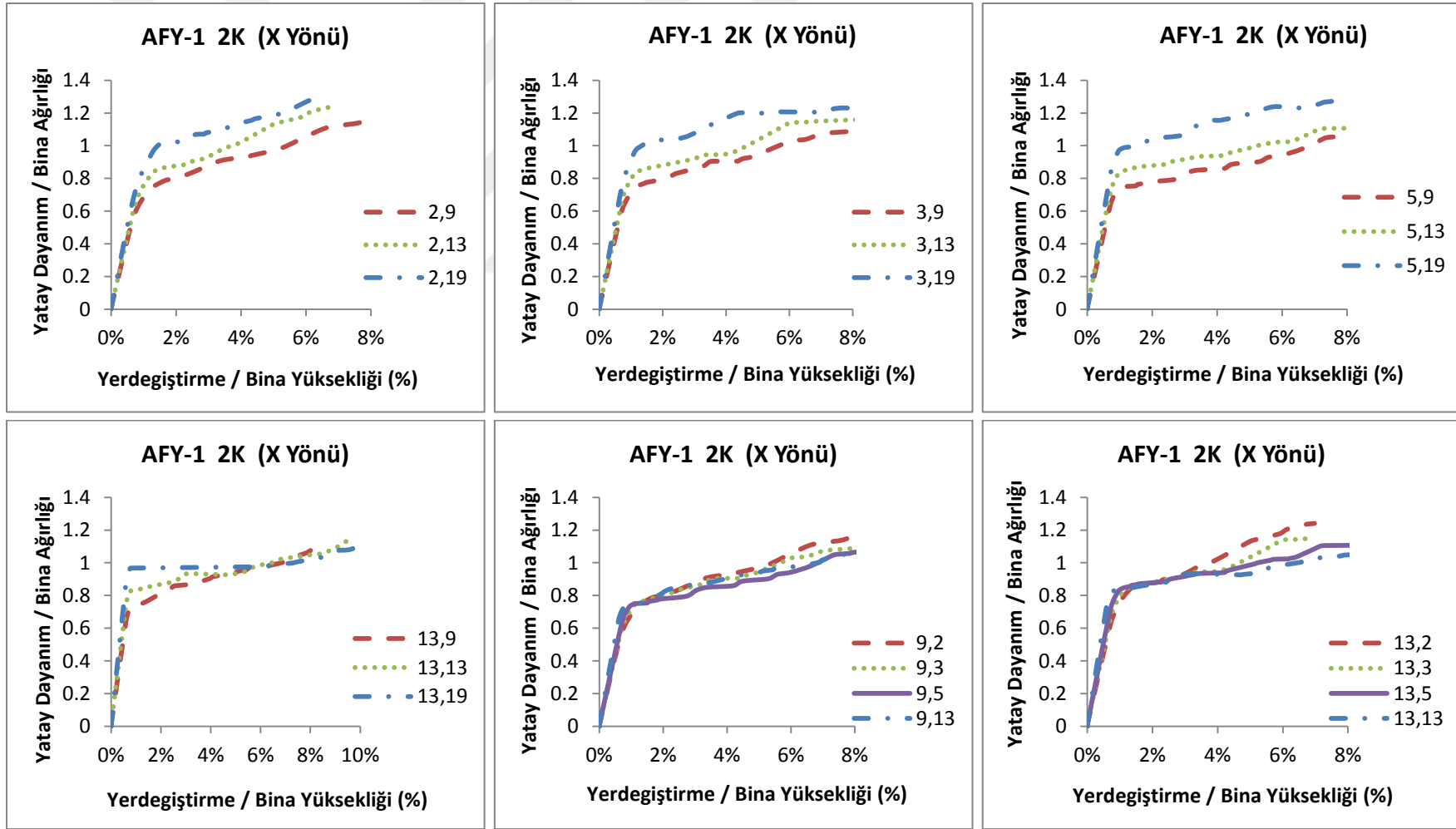
Şekil B.3. Her iki yöndeki bina periyodlarındaki değişim ($t_{duvar} = 9\text{ cm}$)



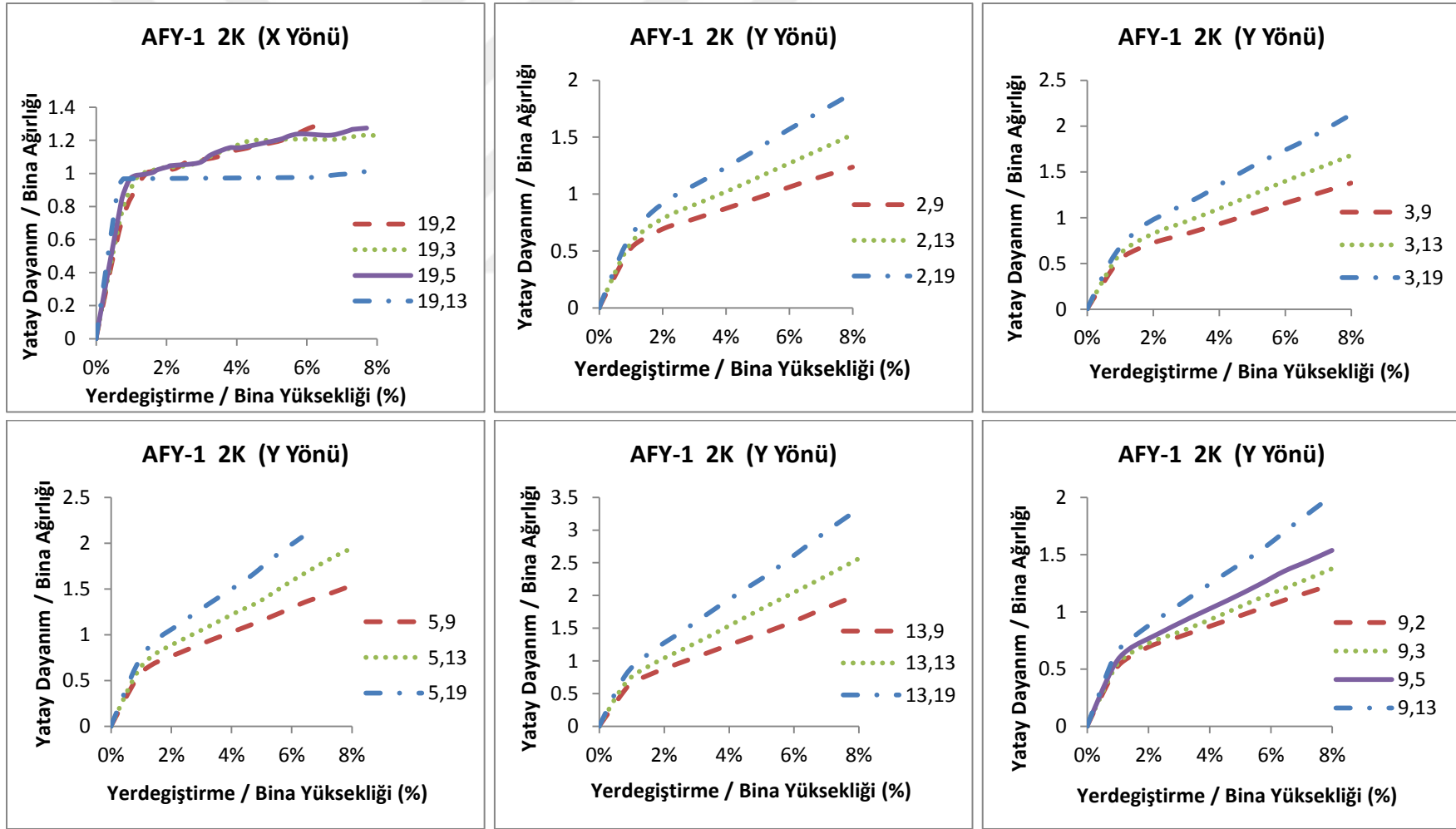
Şekil B.4. Her iki yöndeki bina periyotlarındaki değişim ($t_{\text{duvar}} = 13\text{ cm}$)



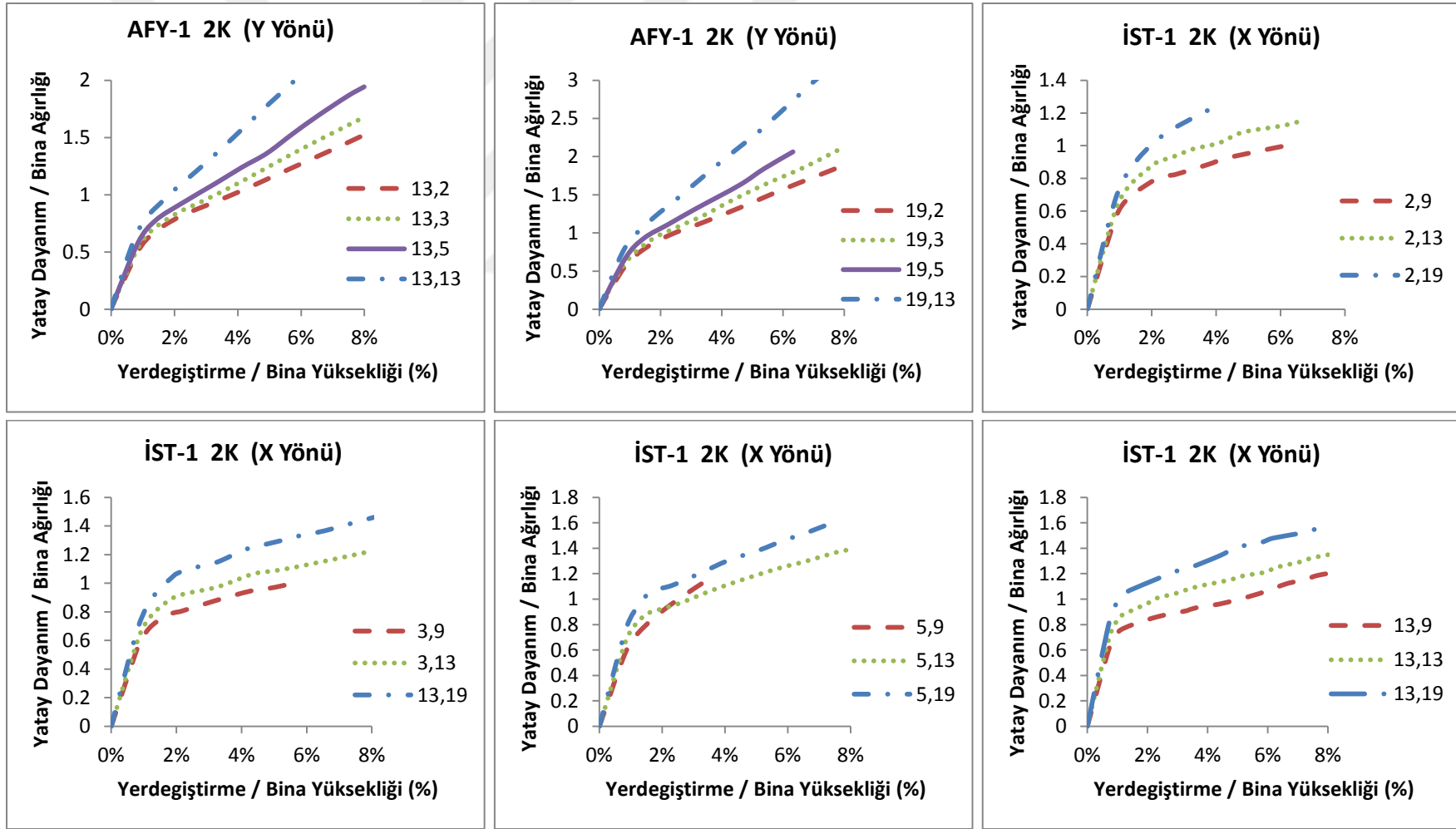
Şekil B.5. Her iki yöndeki bina periyotlarındaki değişim ($t_{duvar} = 19\text{ cm}$)



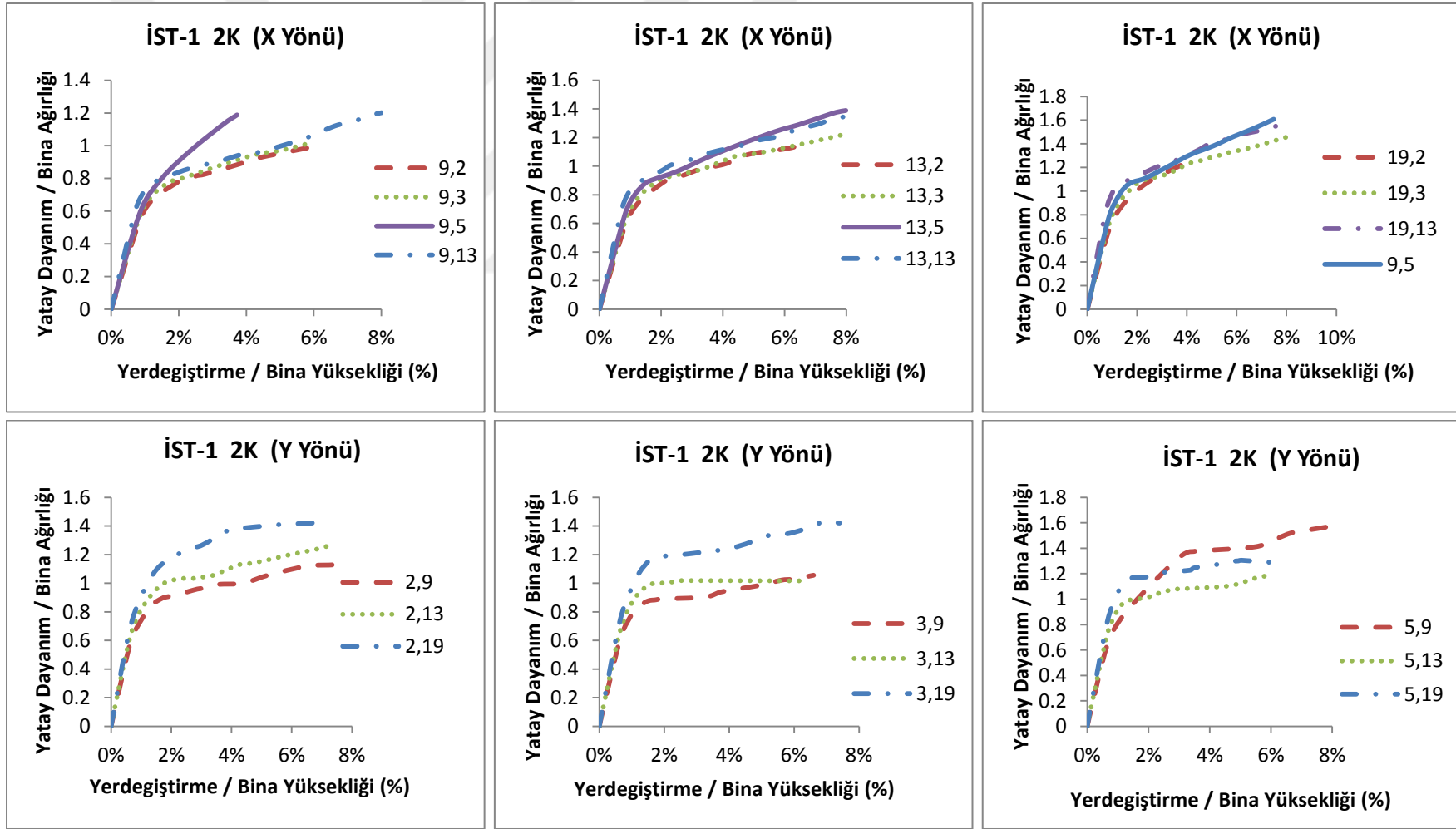
Şekil B.6. Mevcut 2 katlı binaların kapasite eğrileri



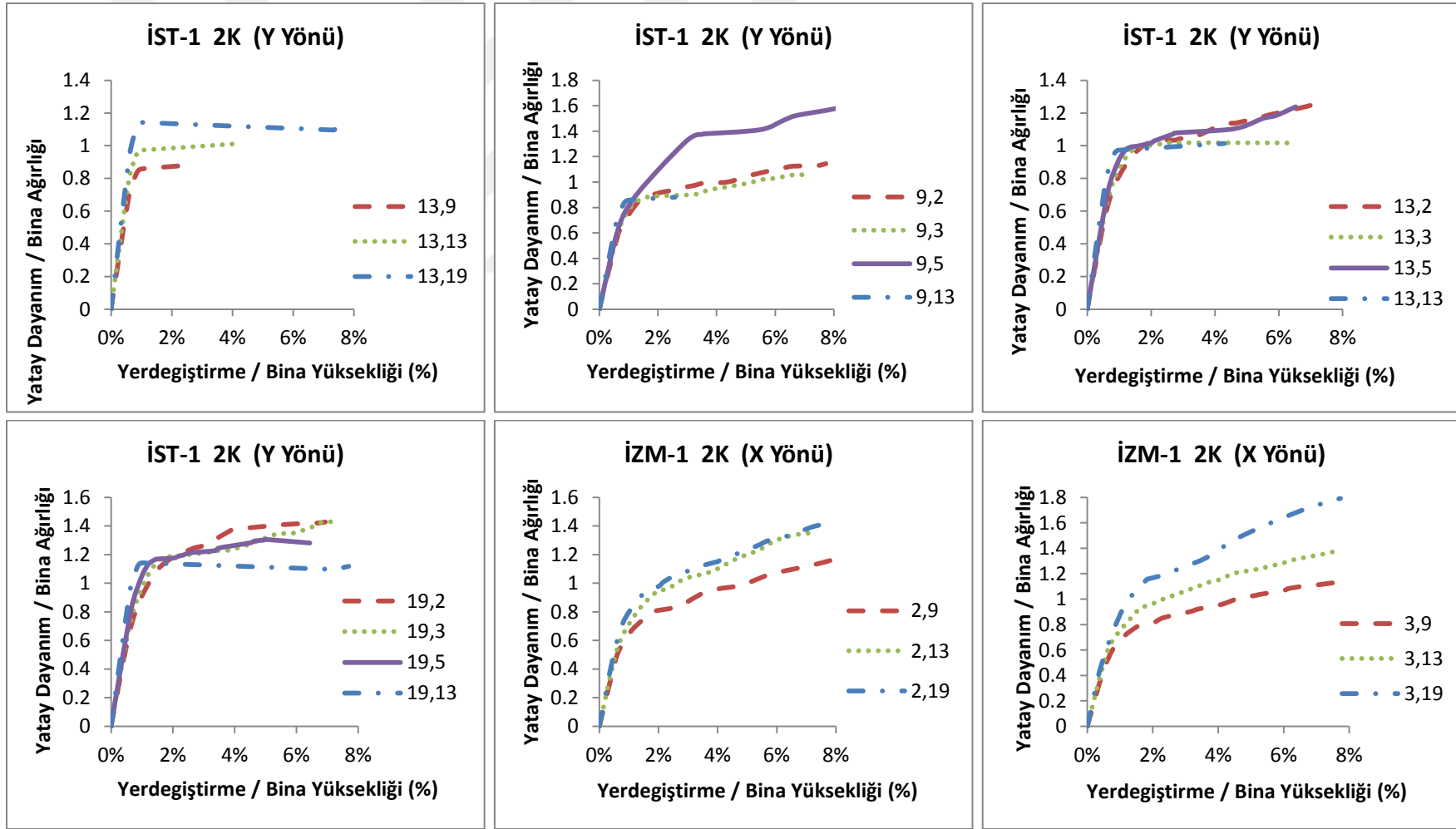
Şekil B.6. (devam) Mevcut 2 katlı binaların kapasite eğrileri



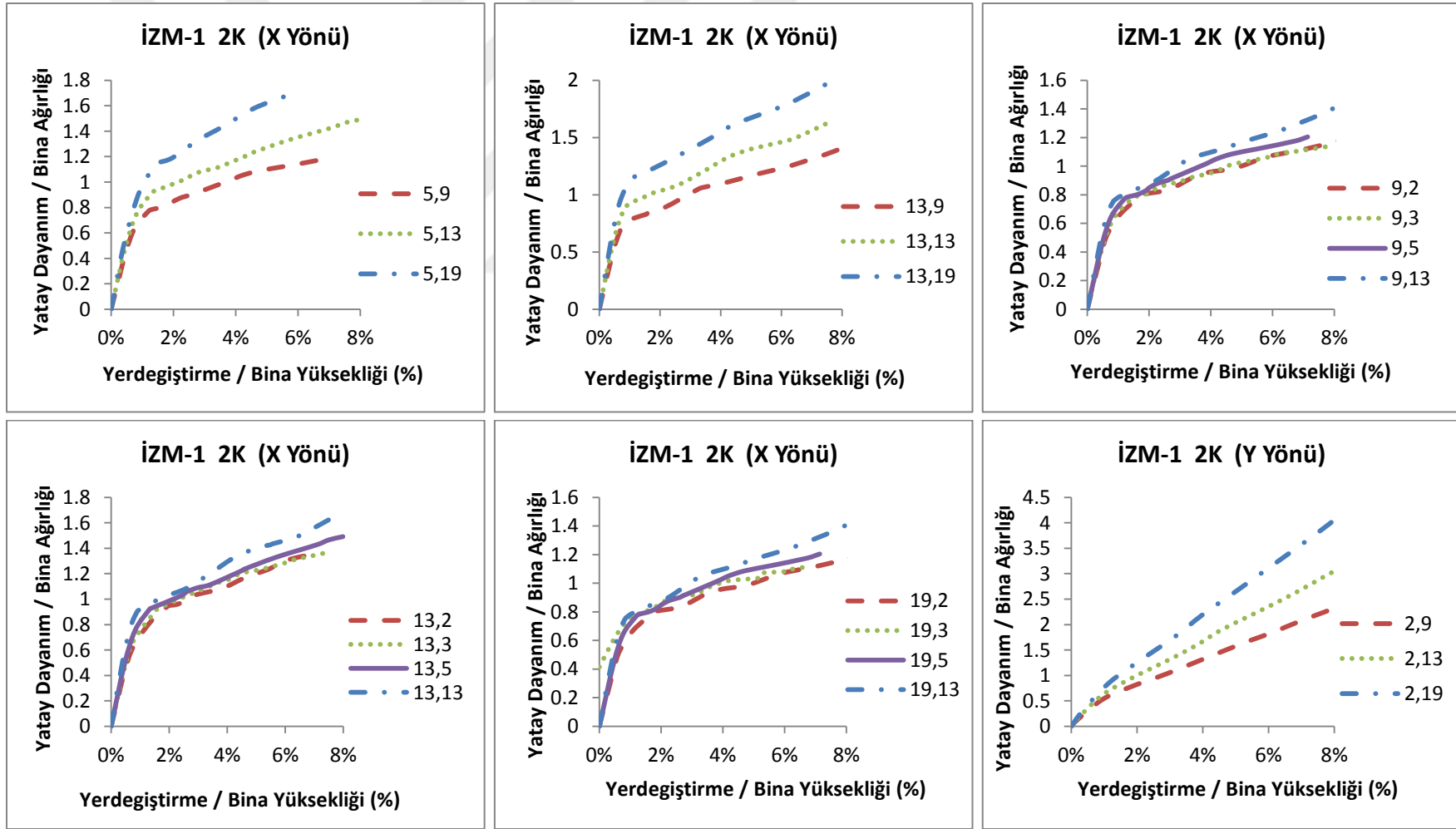
Şekil B.6. (devam) Mevcut 2 katlı binaların kapasite eğrileri



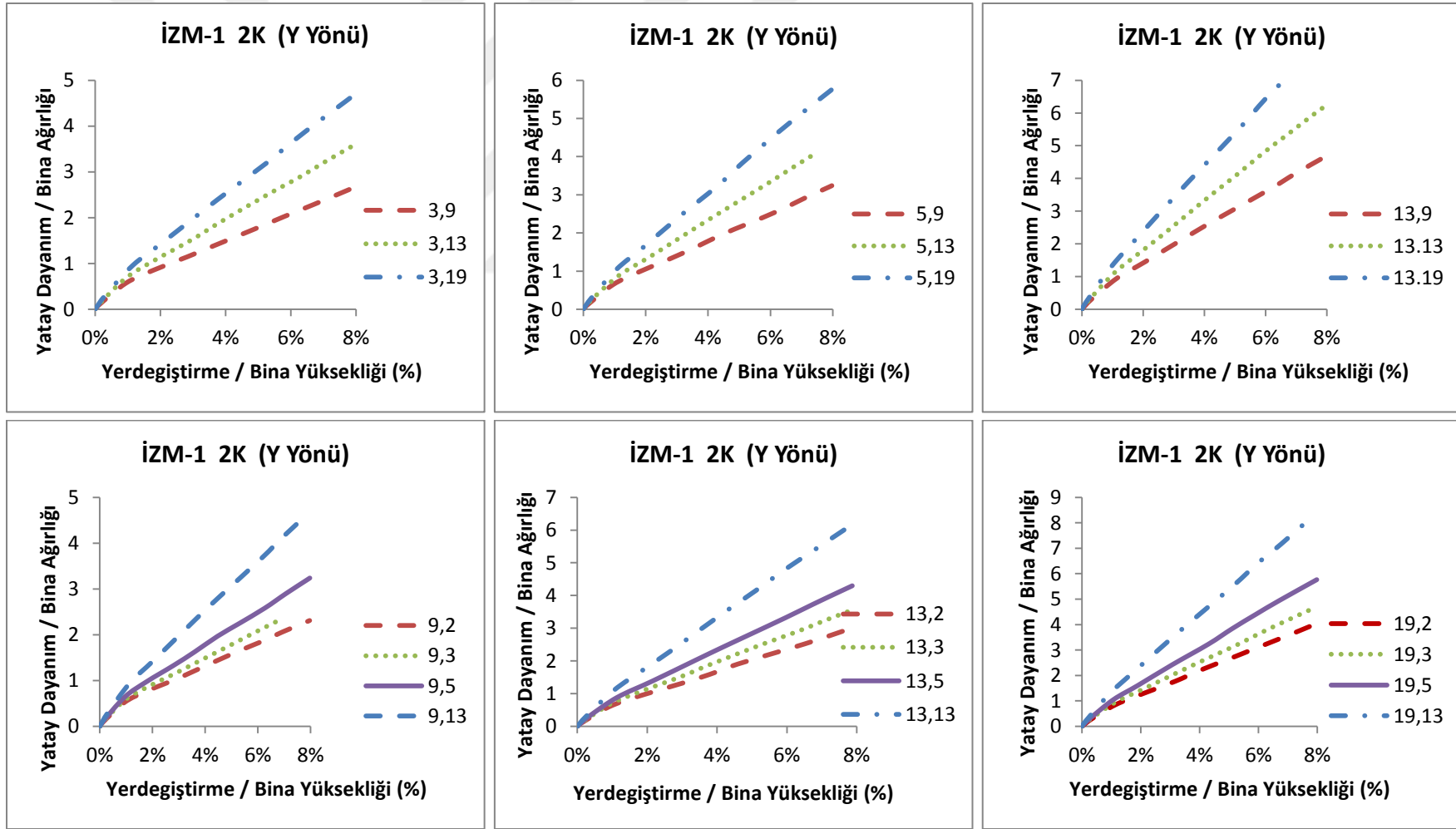
Şekil B.6. (devam) Mevcut 2 katlı binaların kapasite eğrileri



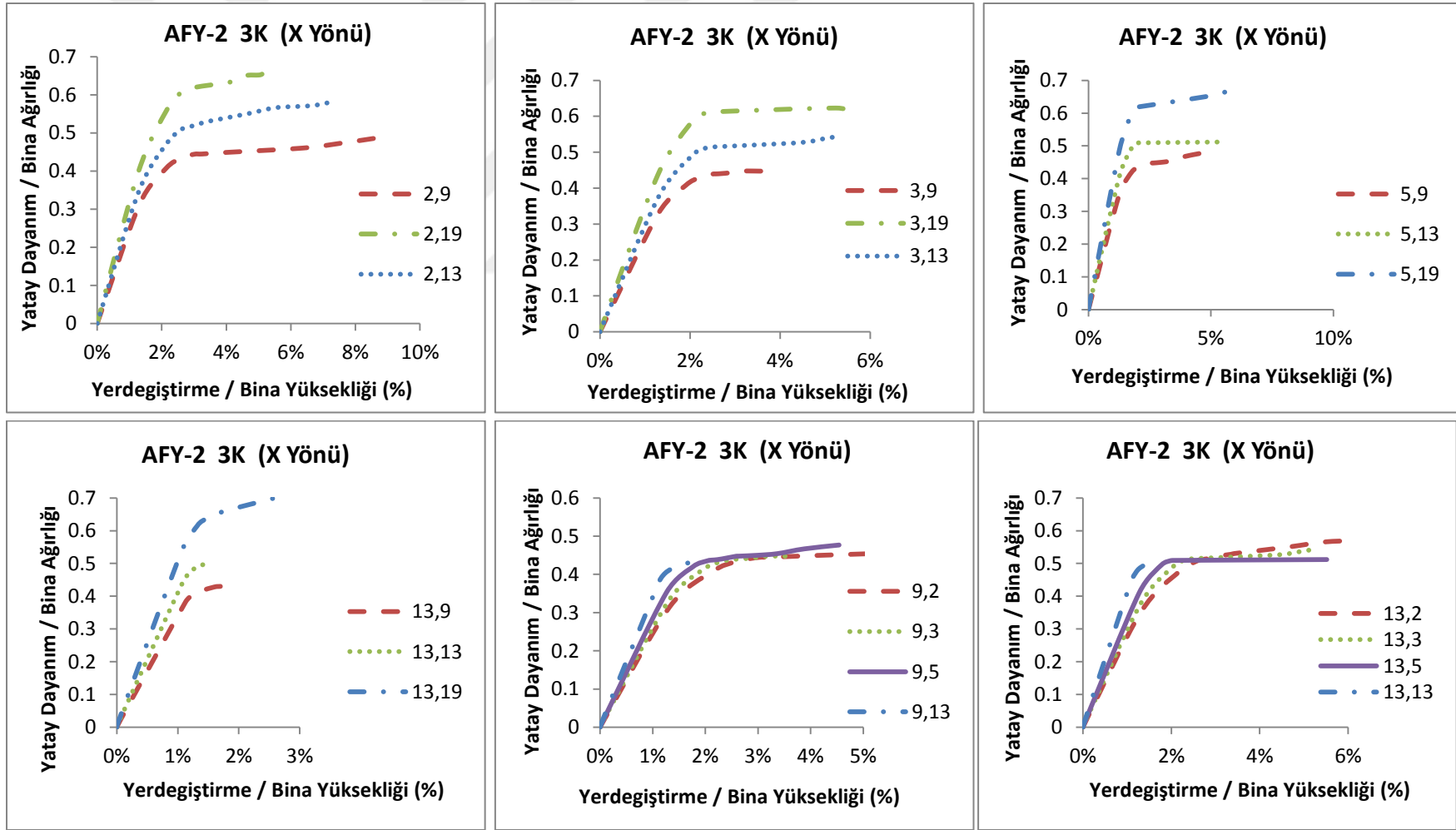
Şekil B.6. (devam) Mevcut 2 katlı binaların kapasite eğrileri



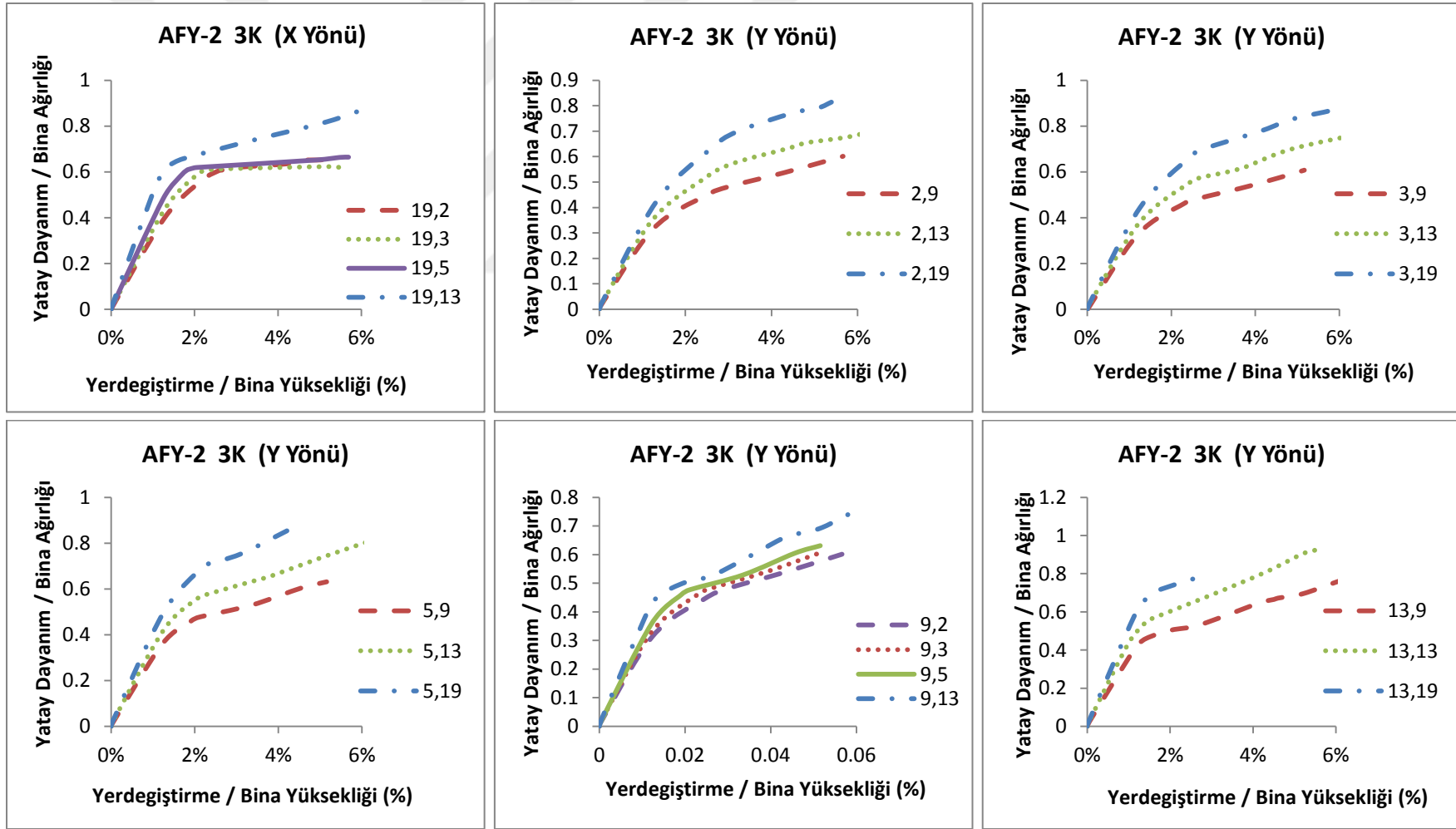
Şekil B.6. (devam) Mevcut 2 katlı binaların kapasite eğrileri



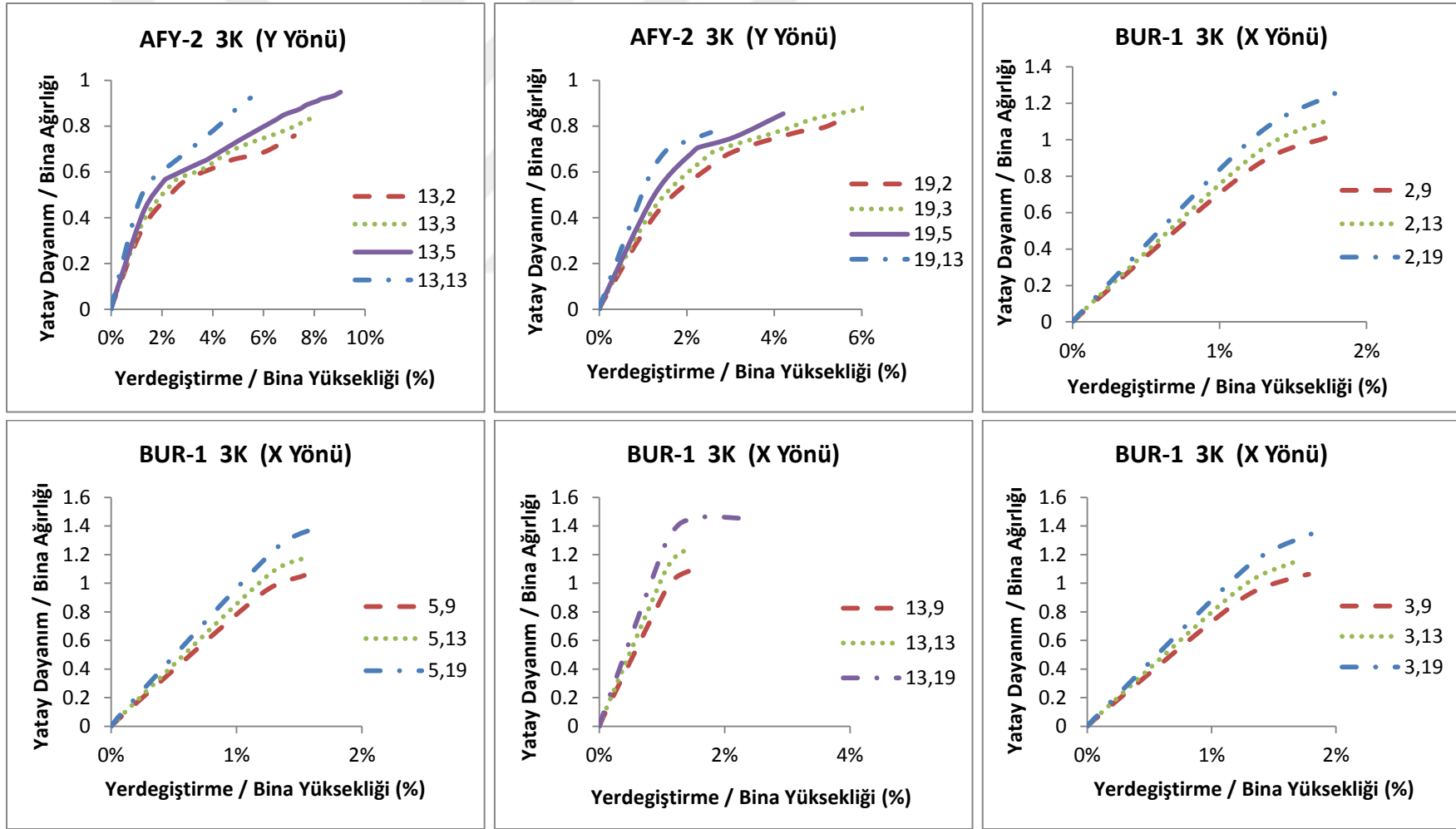
Şekil B.6. (devam) Mevcut 2 katlı binaların kapasite eğrileri



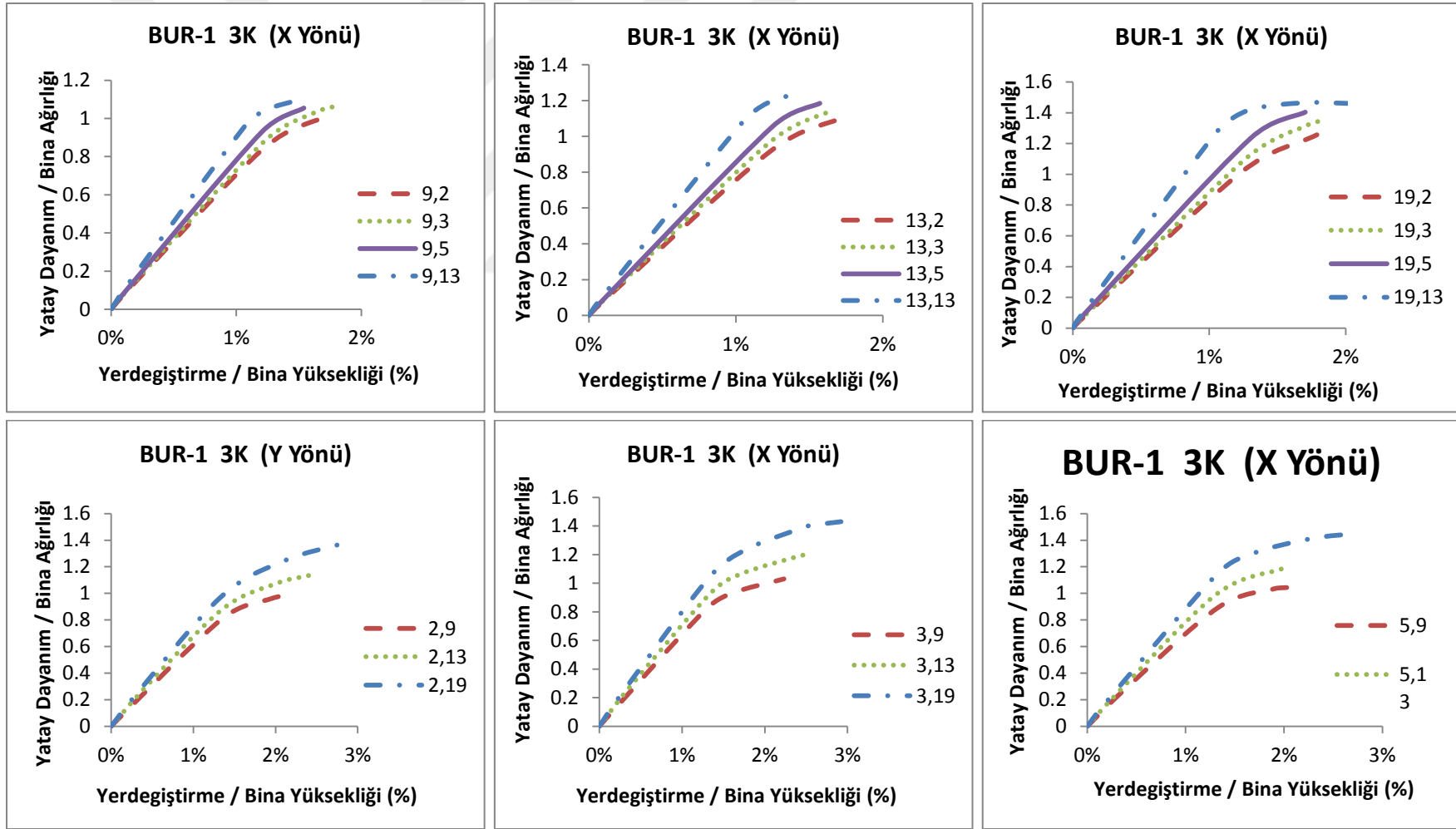
Şekil B.7. Mevcut 3 katlı binaların kapasite eğrileri



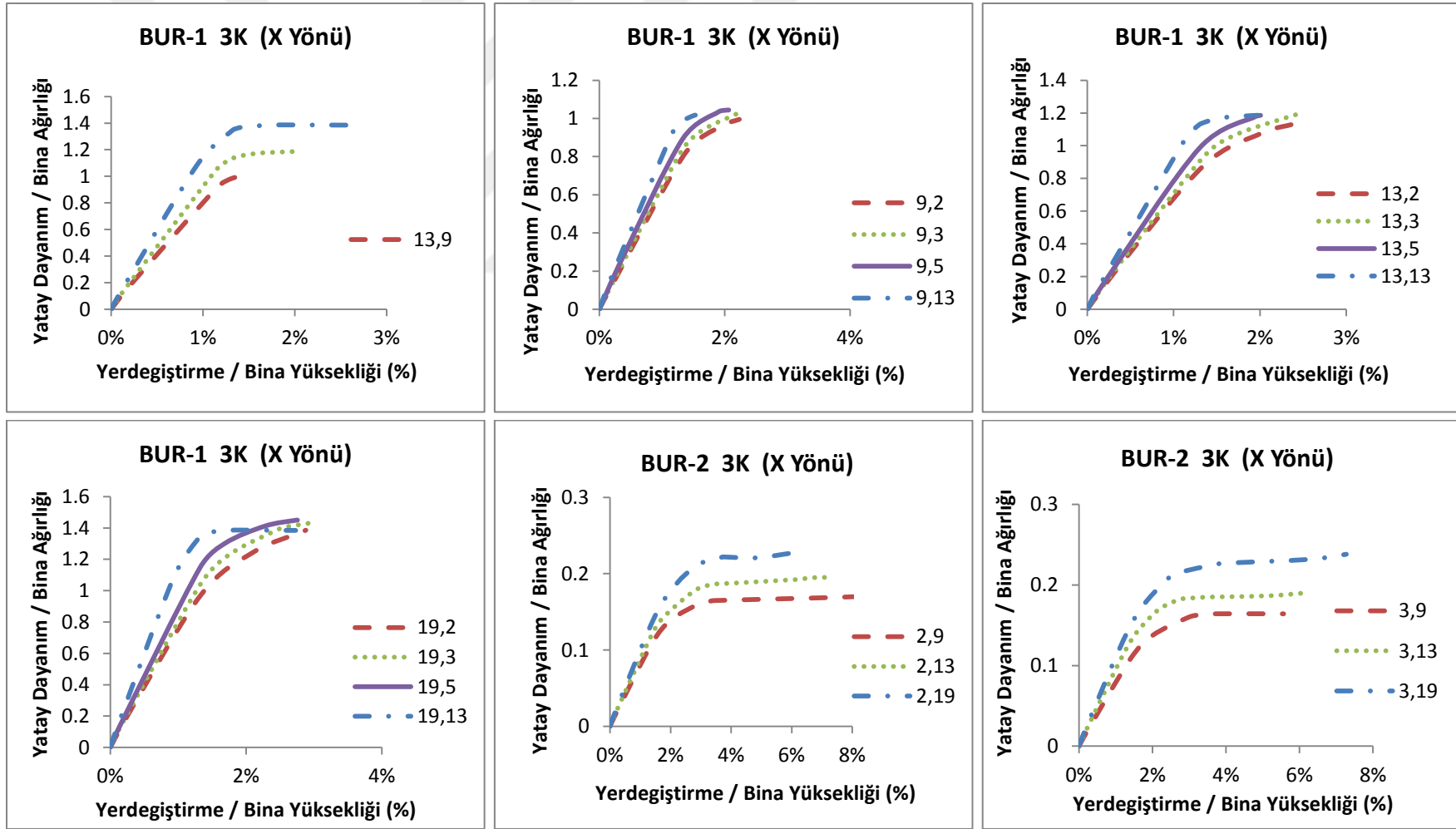
Şekil B.7. (devam) Mevcut 3 katlı binaların kapasite eğrileri



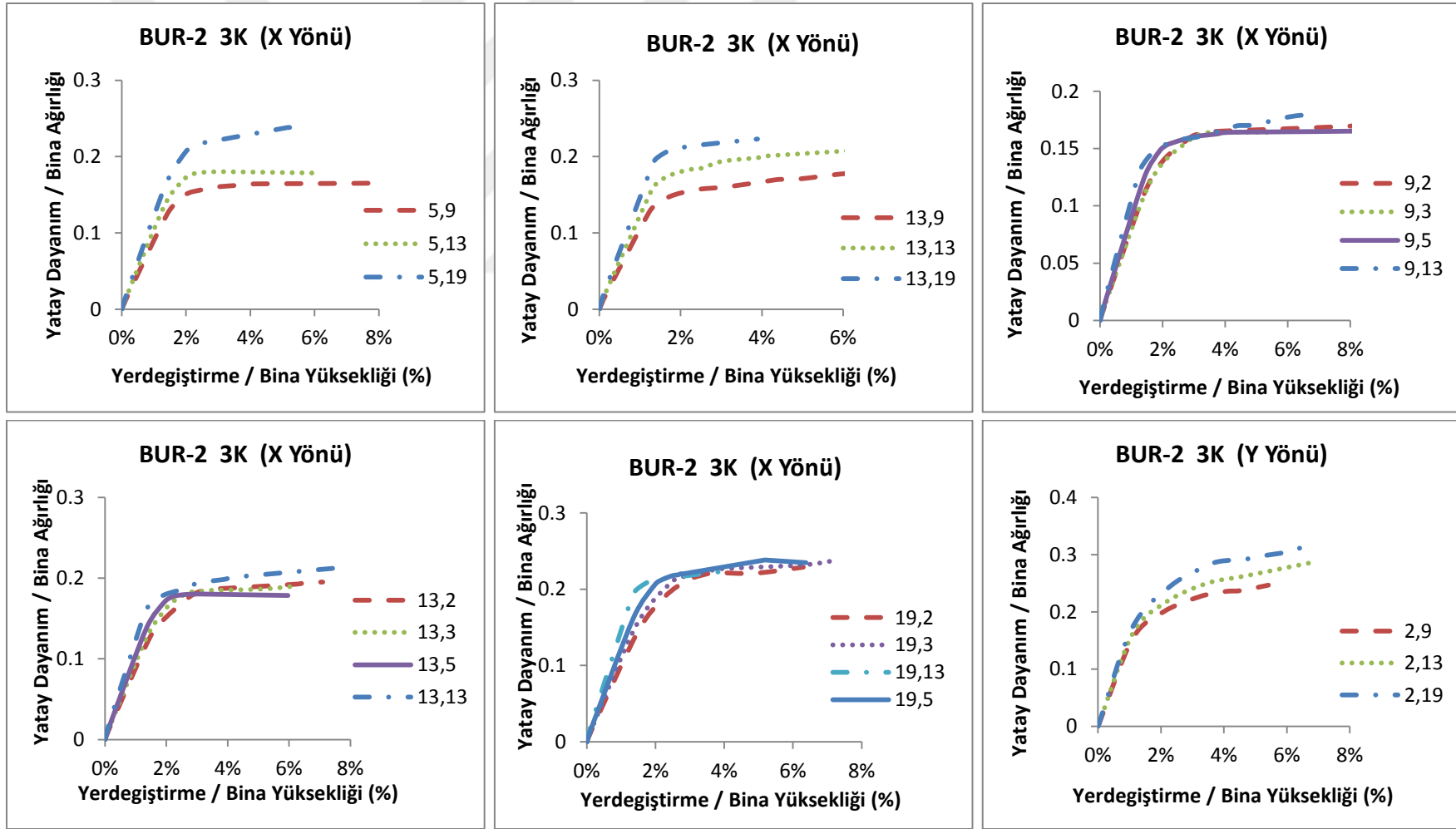
Şekil B.7. (devam) Mevcut 3 katlı binaların kapasite eğrileri



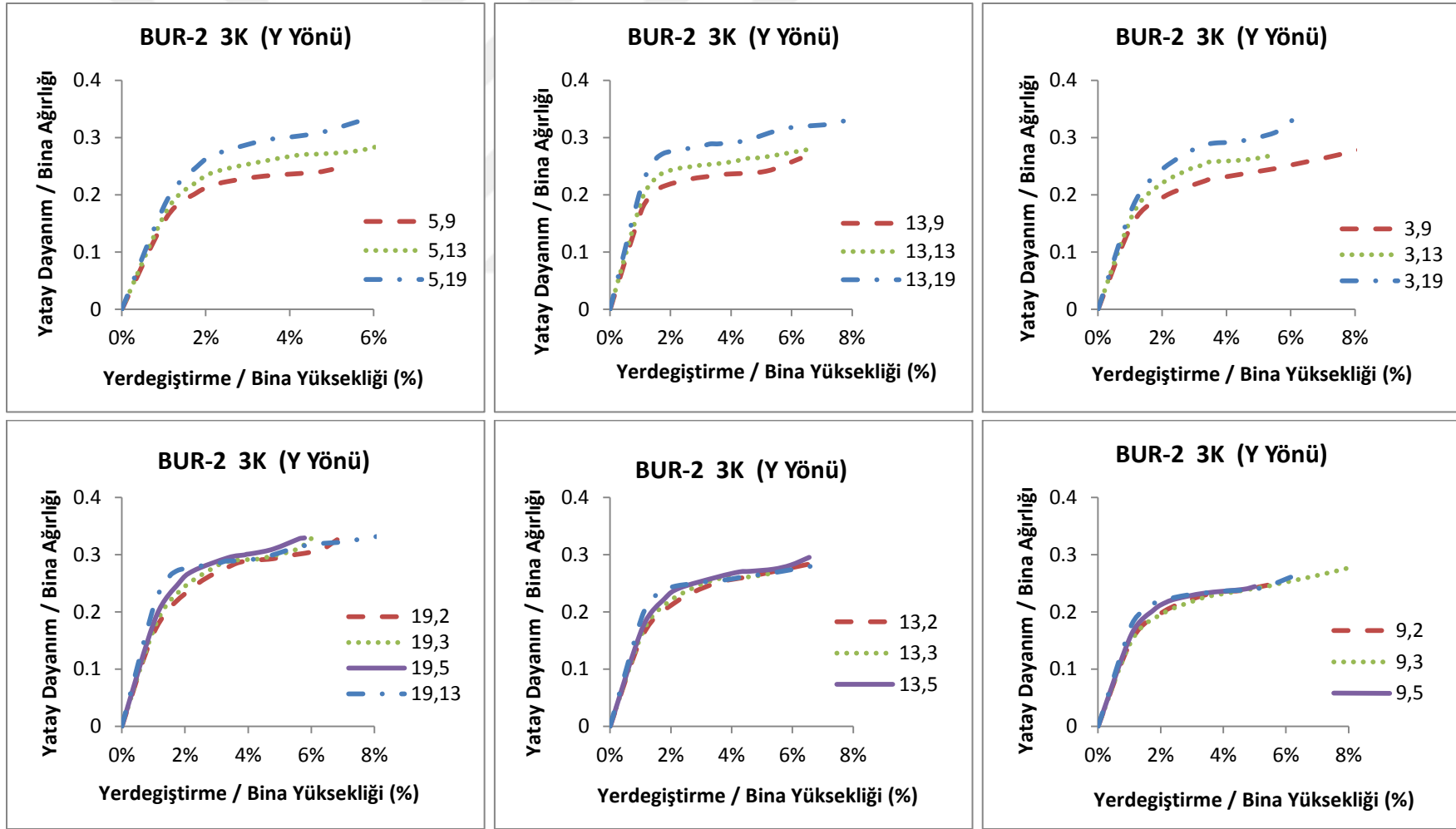
Şekil B.7. (devam) Mevcut 3 katlı binaların kapasite eğrileri



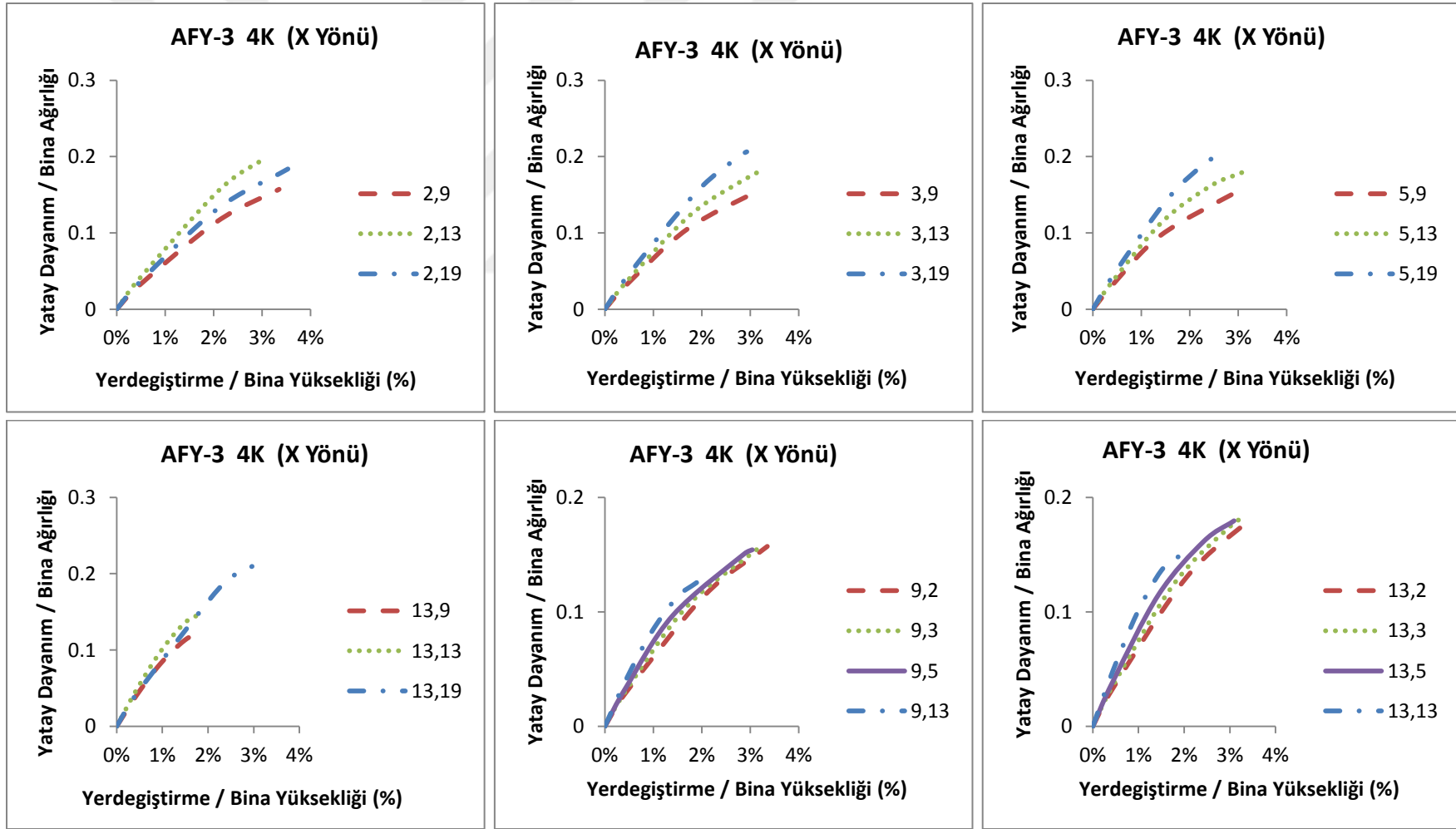
Şekil B.7. (devam) Mevcut 3 katlı binaların kapasite eğrileri



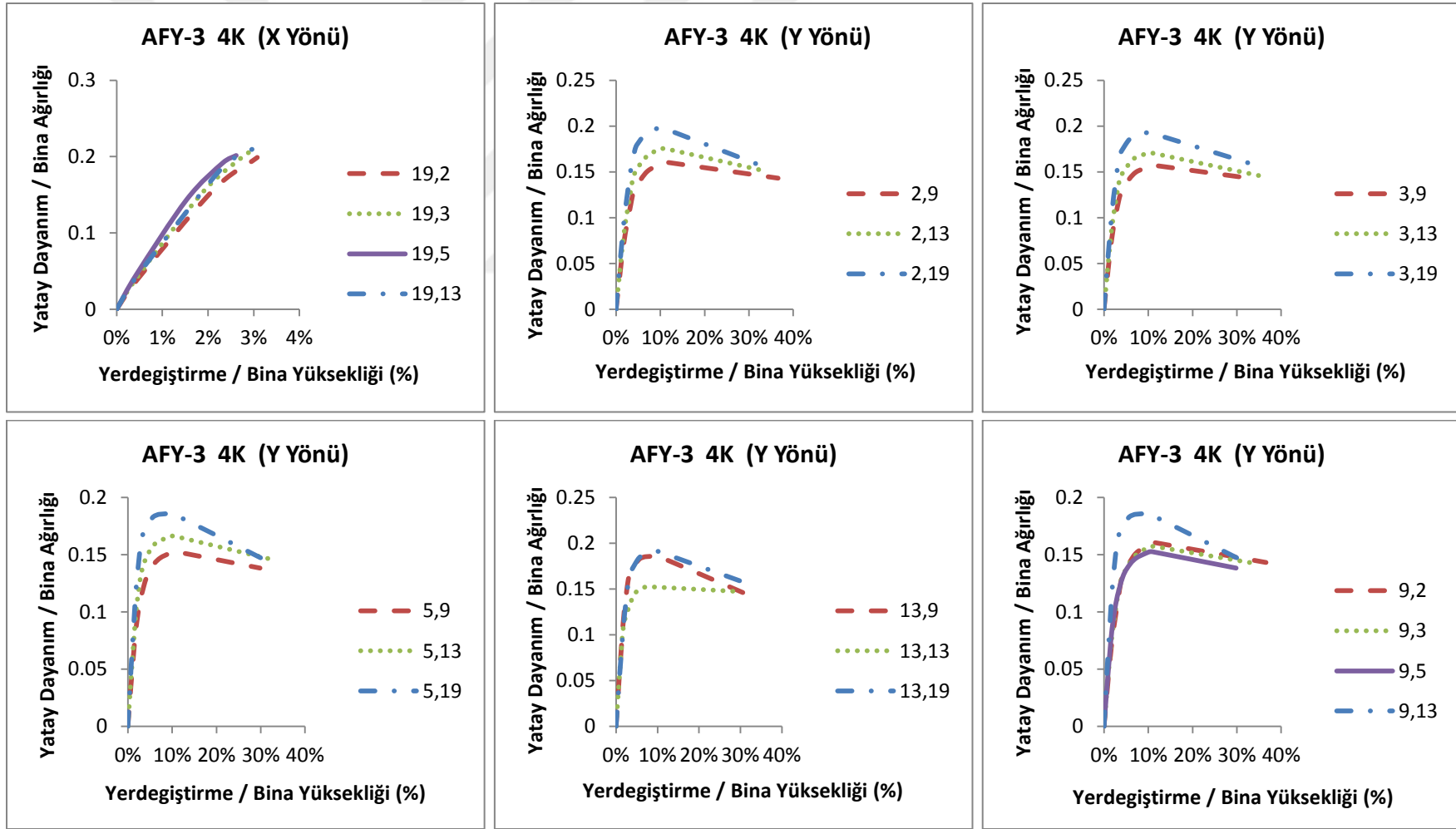
Şekil B.7. (devam) Mevcut 3 katlı binaların kapasite eğrileri



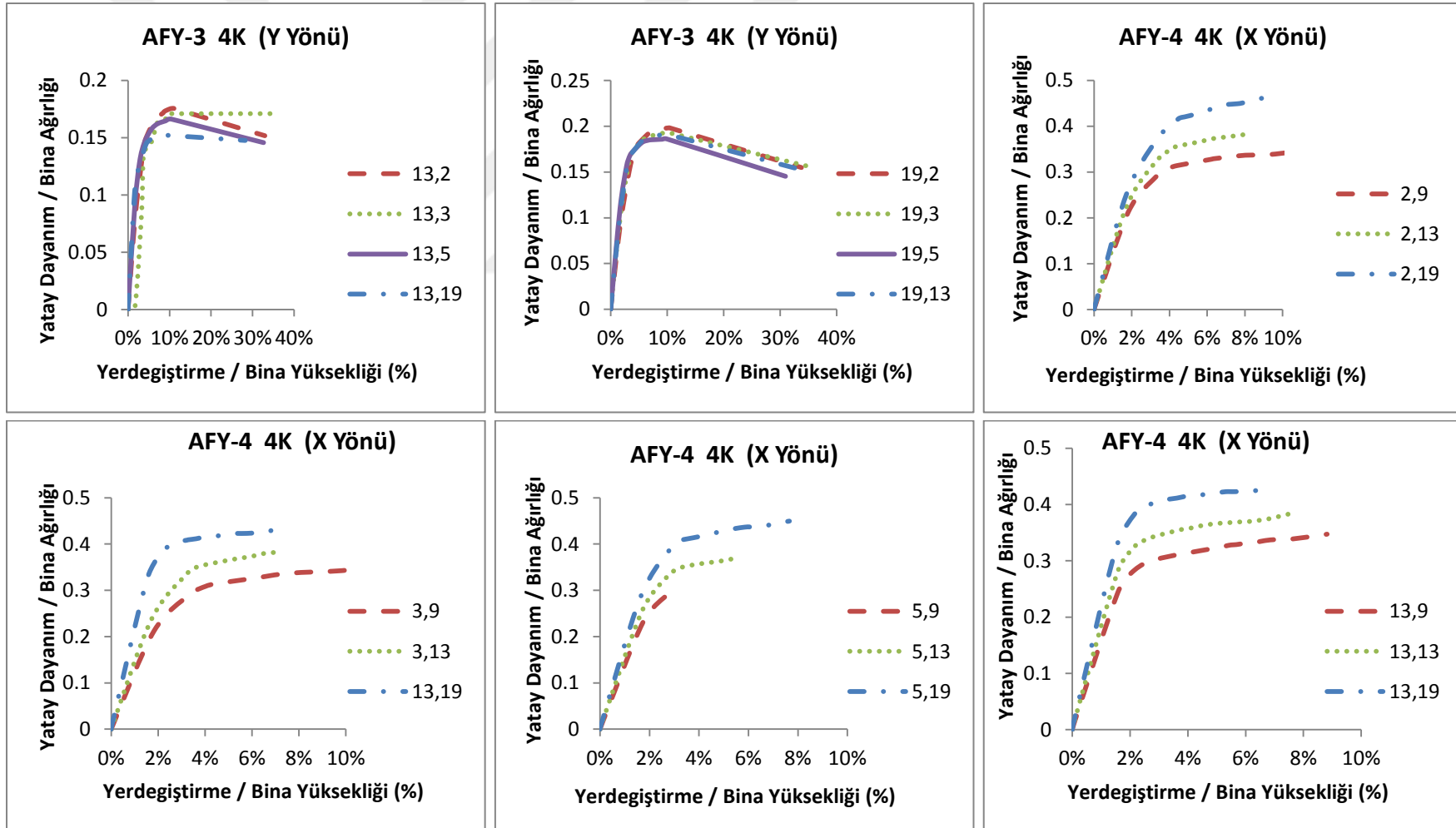
Şekil B.7. (devam) Mevcut 3 katlı binaların kapasite eğrileri



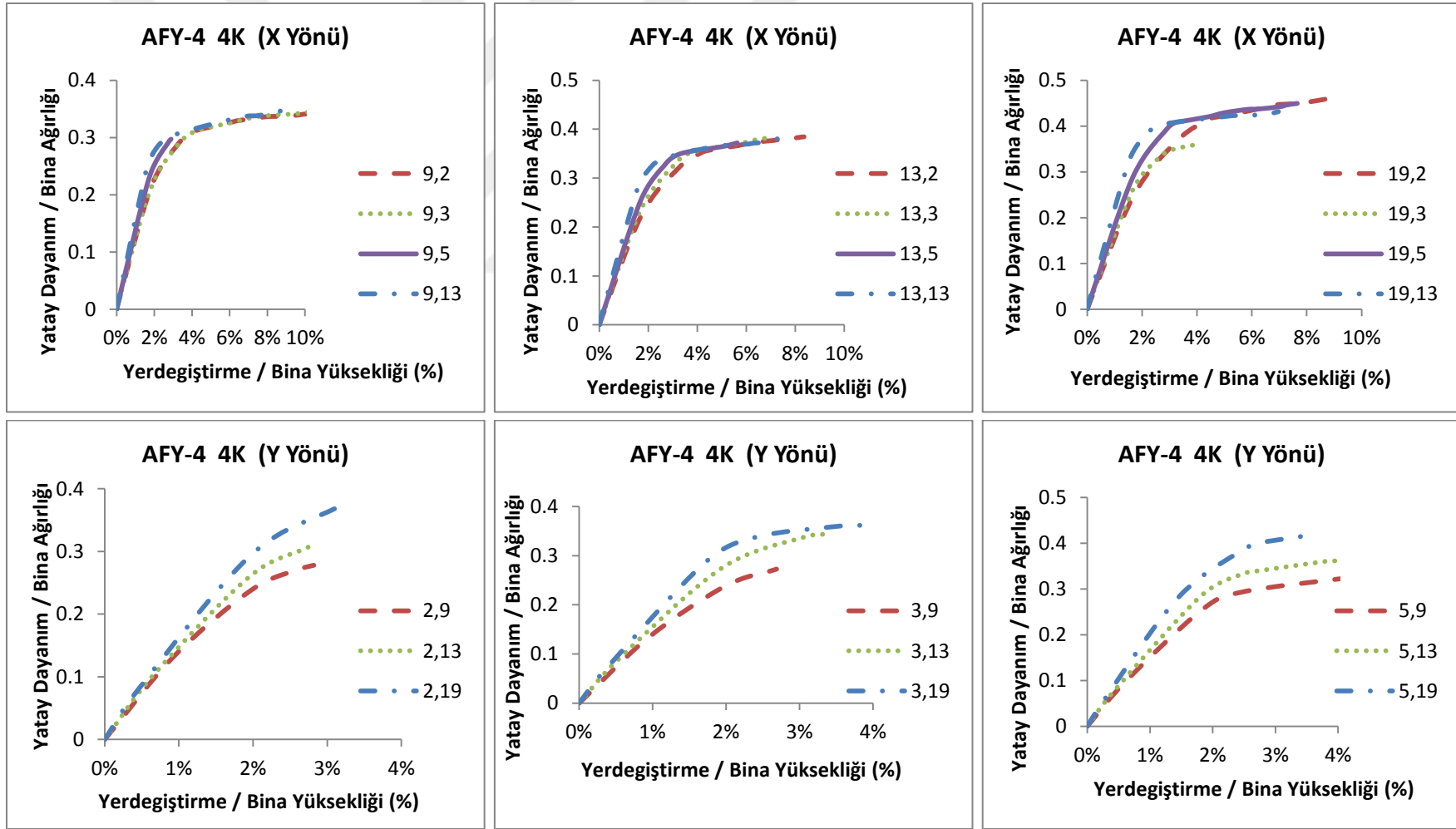
Şekil B.8. Mevcut 4 katlı binaların kapasite eğrileri



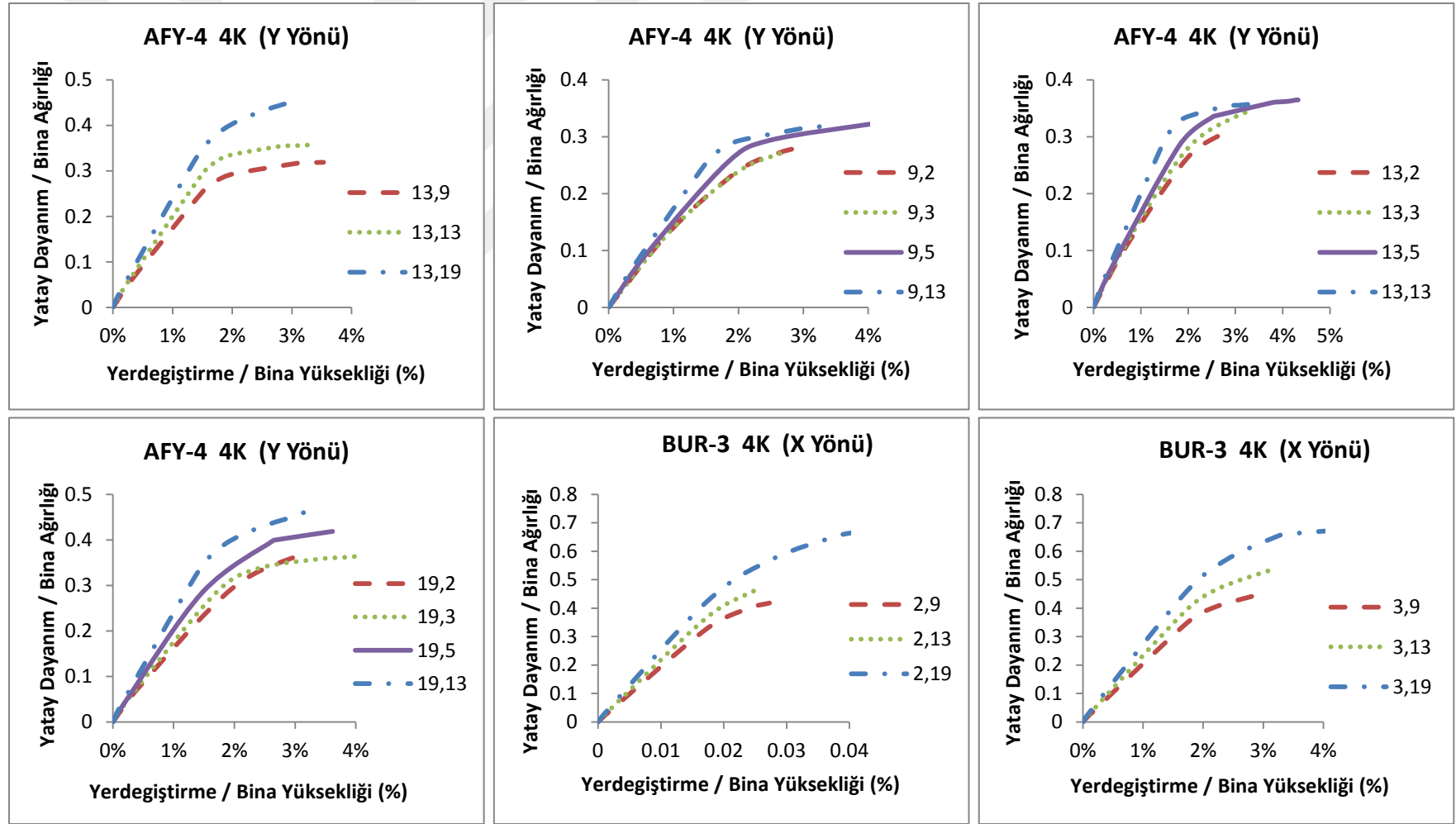
Şekil B.8. (devam) Mevcut 4 katlı binaların kapasite eğrileri



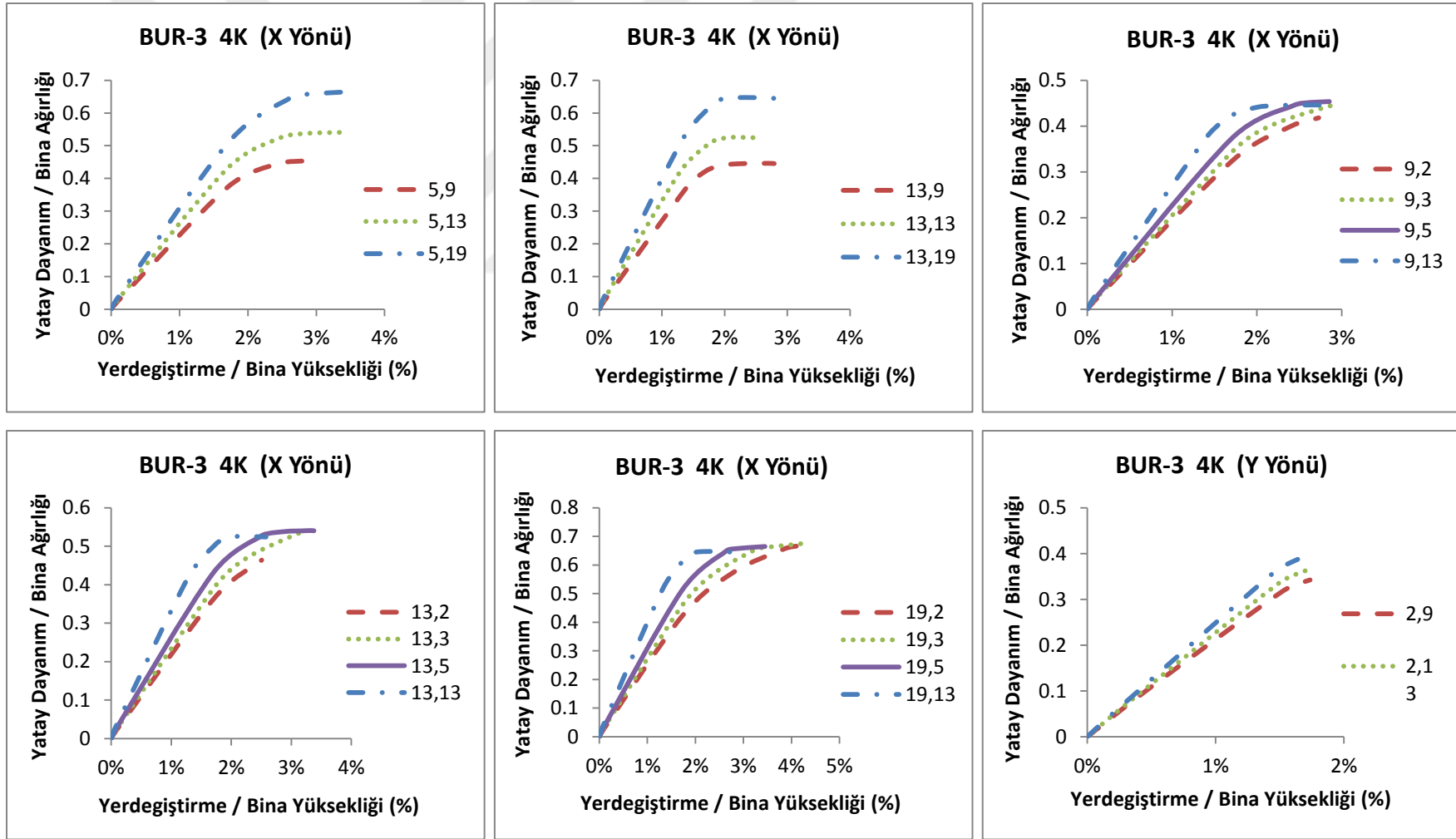
Şekil B.8. (devam) Mevcut 4 katlı binaların kapasite eğrileri



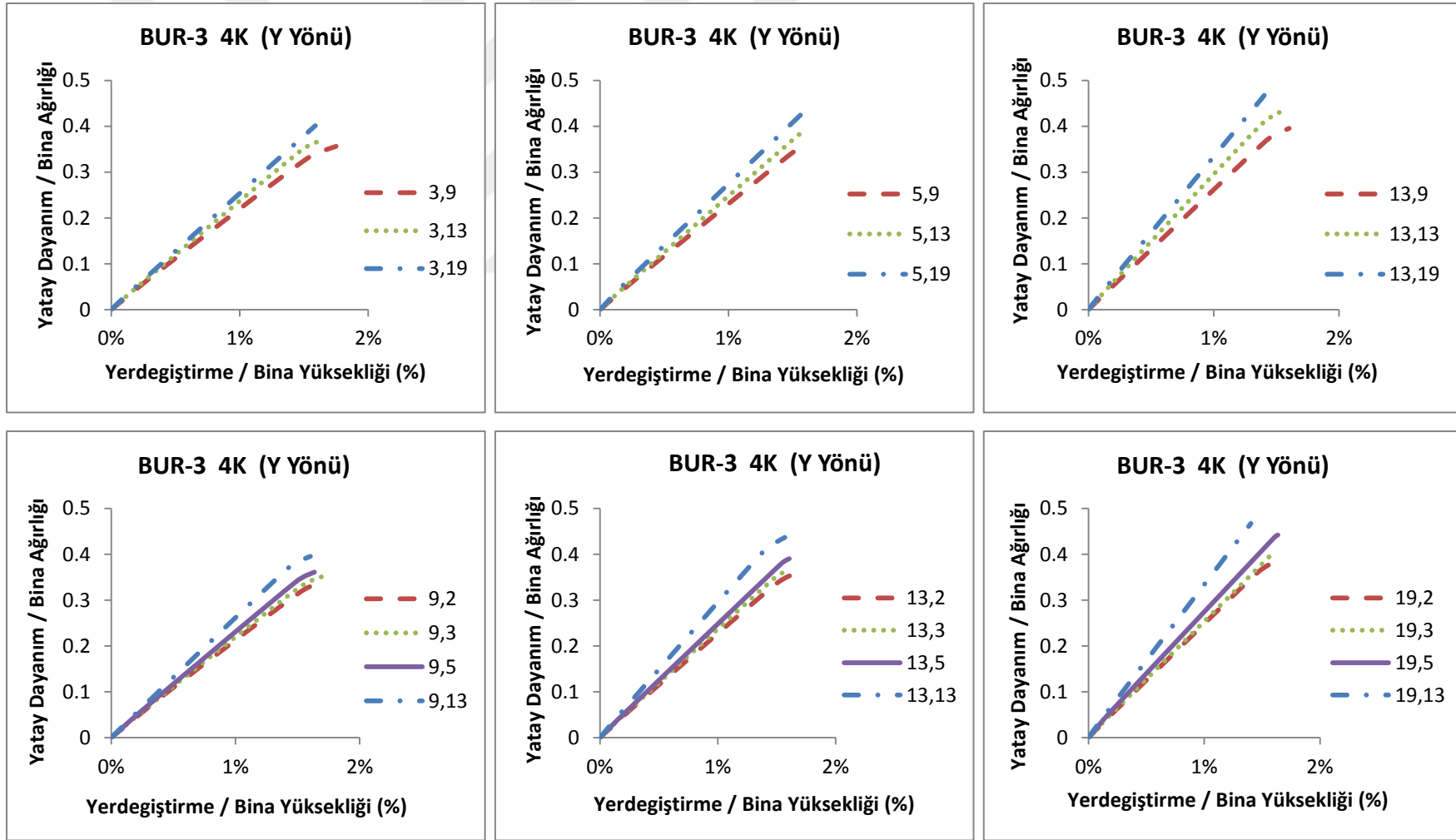
Şekil B.8. (devam) Mevcut 4 katlı binaların kapasite eğrileri



Şekil B.8. (devam) Mevcut 4 katlı binaların kapasite eğrileri

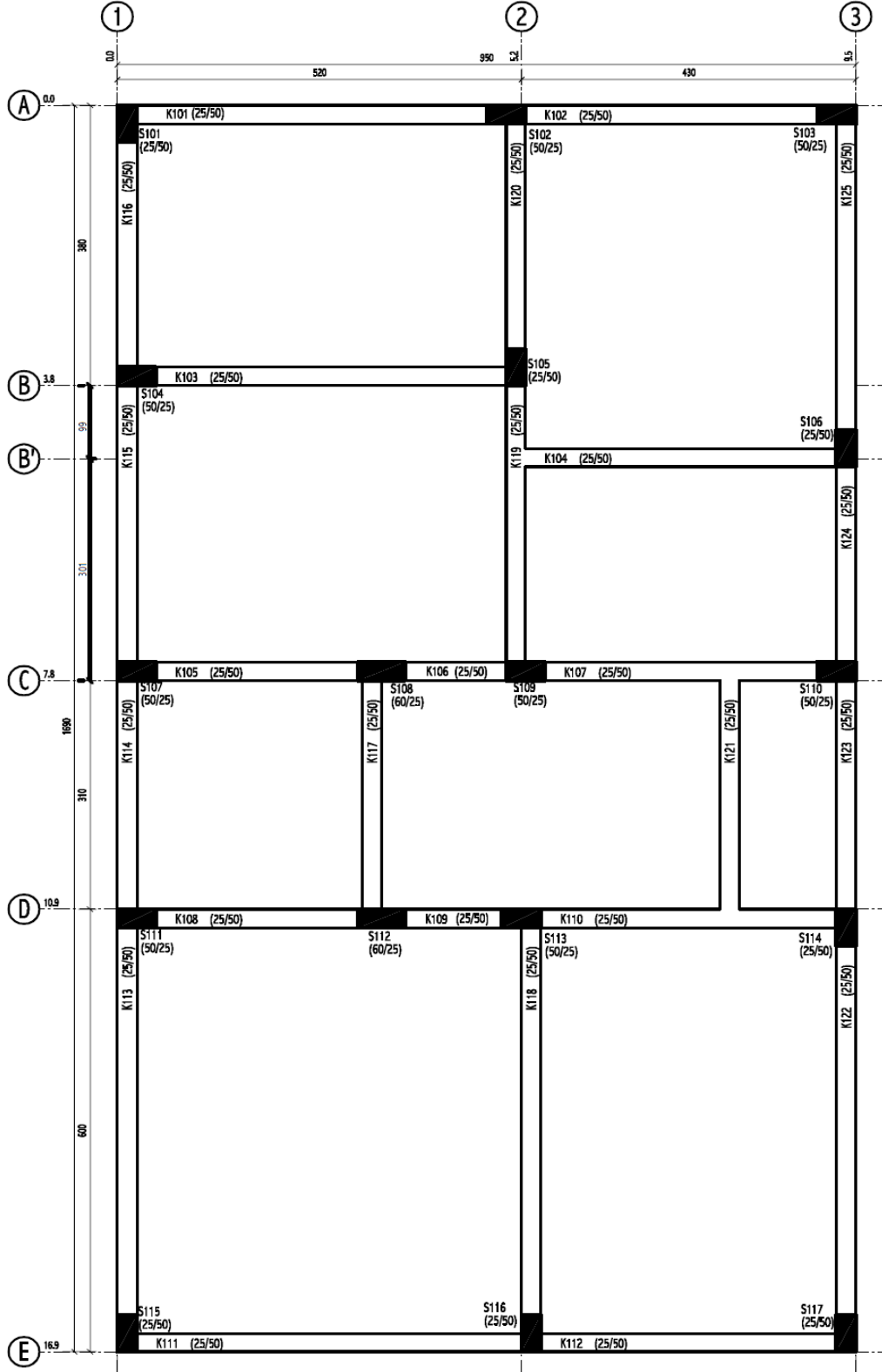


Şekil B.8. (devam) Mevcut 4 katlı binaların kapasite eğrileri

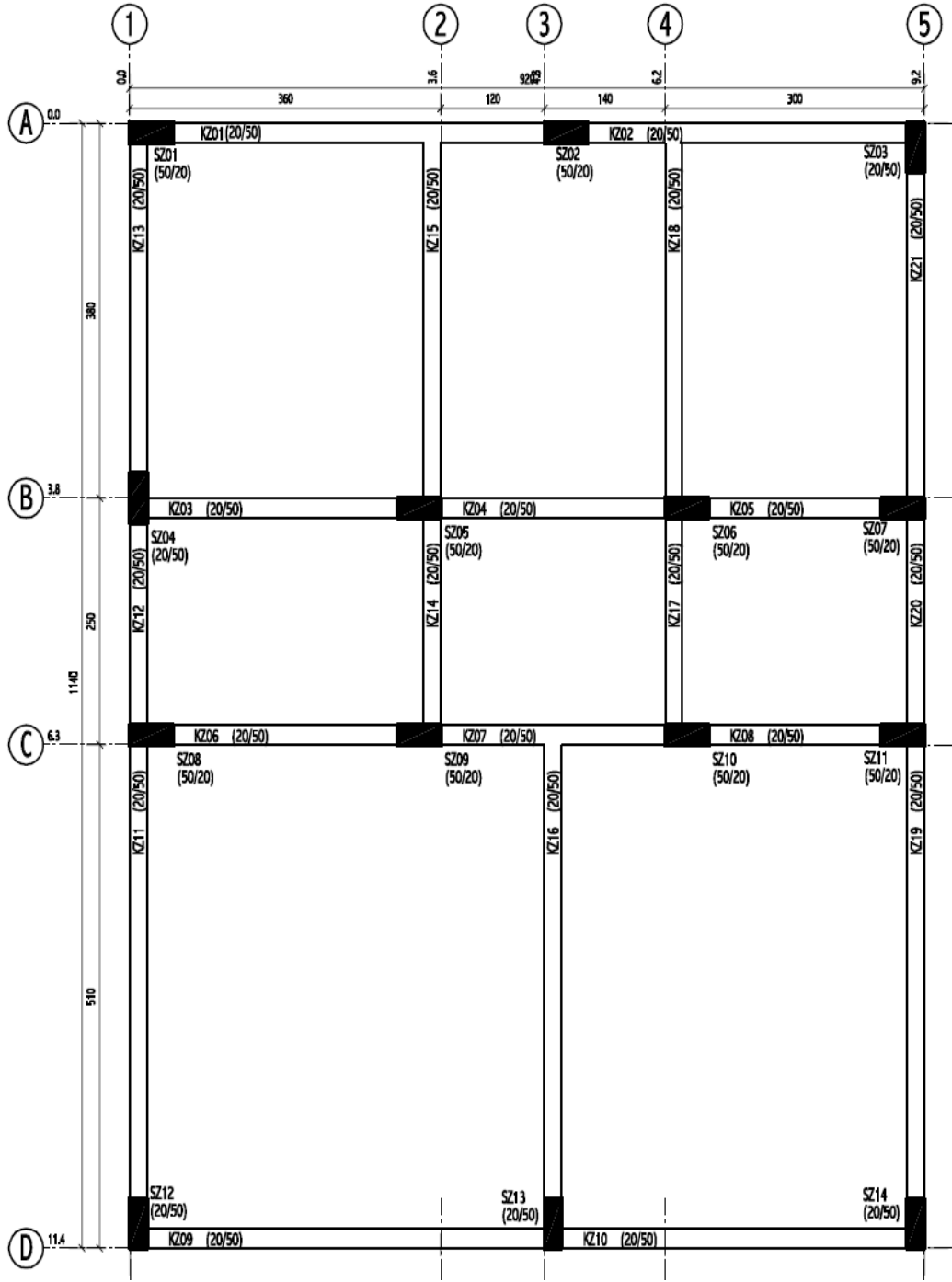


Şekil B.8. (devam) Mevcut 4 katlı binaların kapasite eğrileri

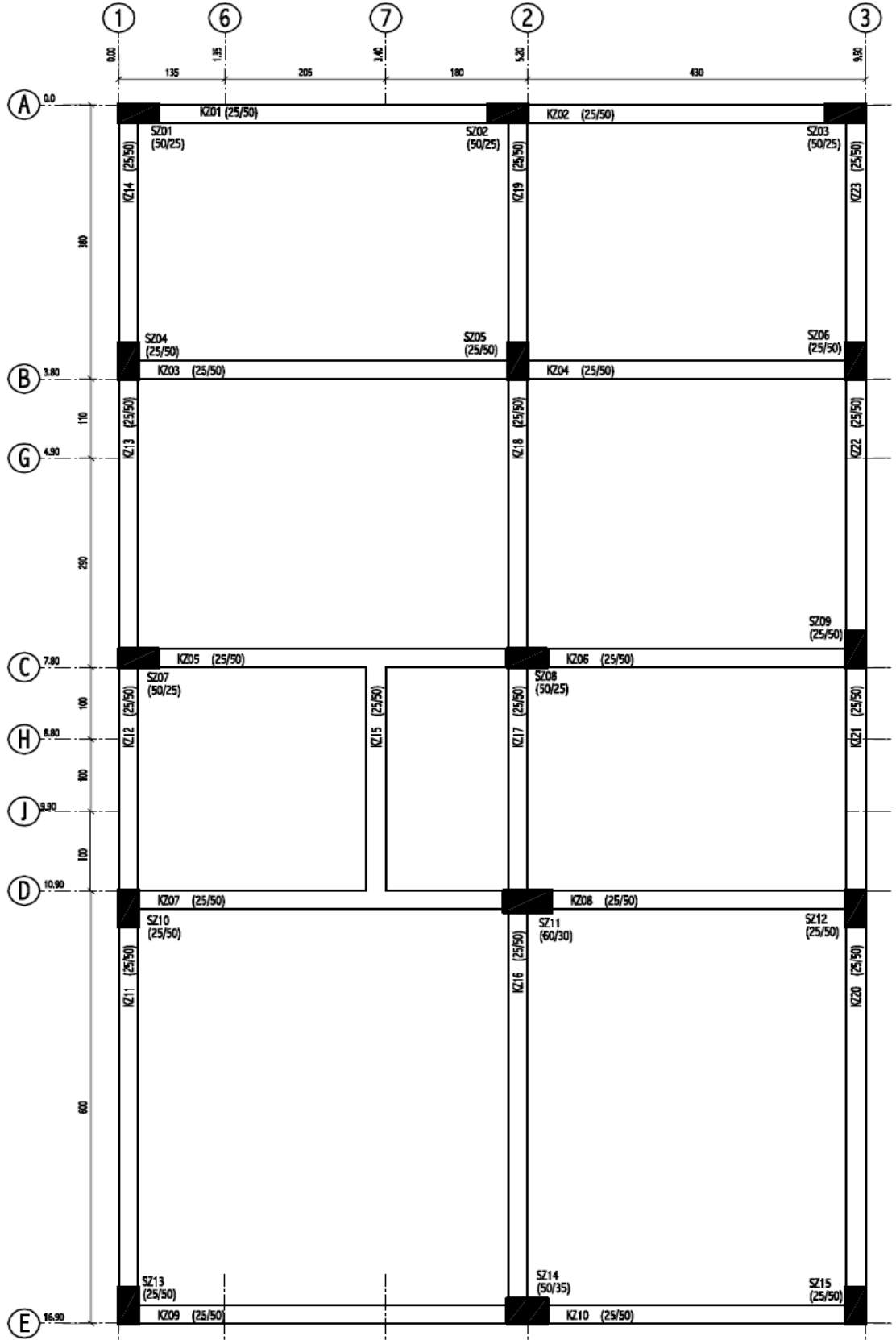
EK C. Kalıp Planları



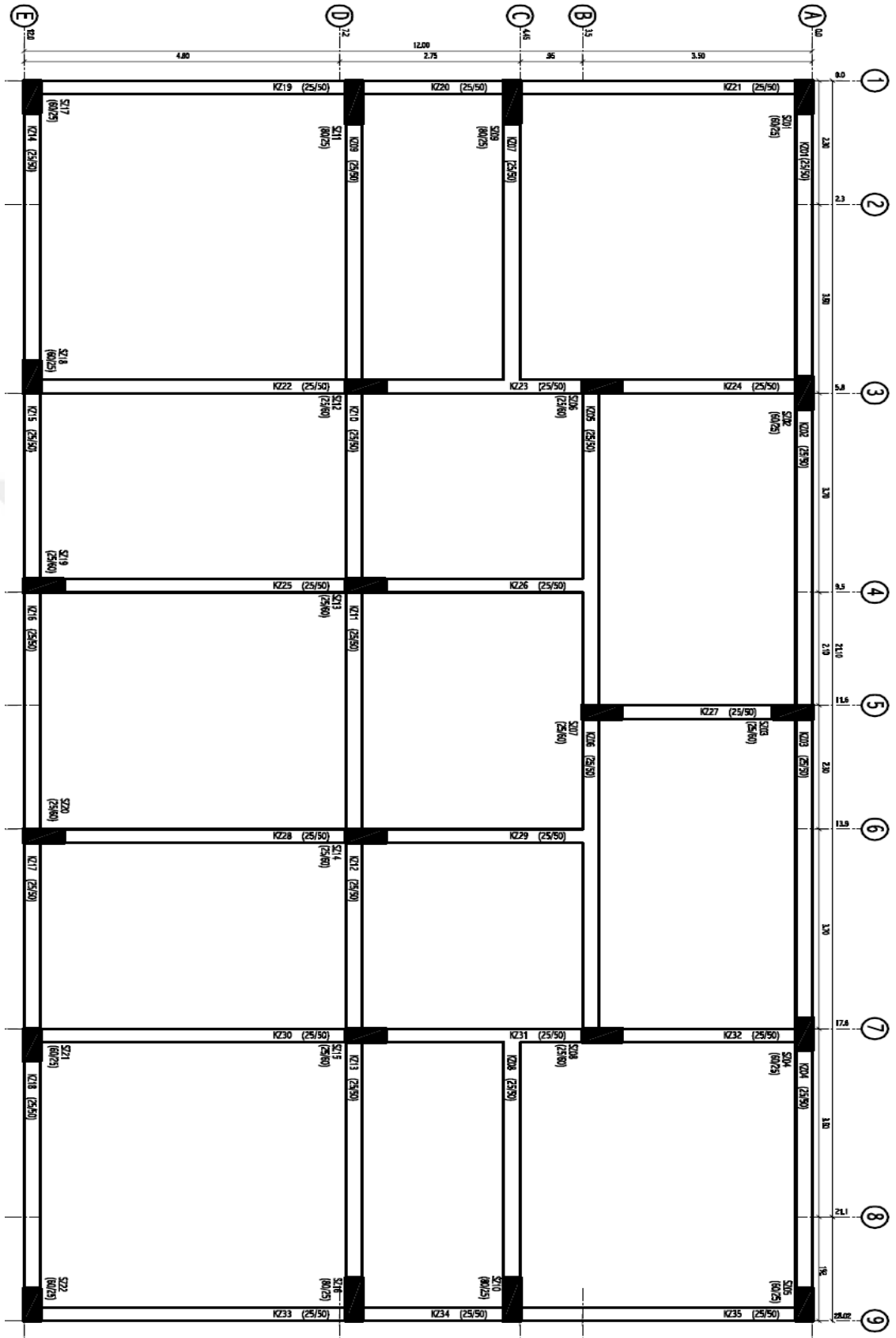
Şekil C.1. AFY-1 binasına ait kalıp planı (2 katlı)



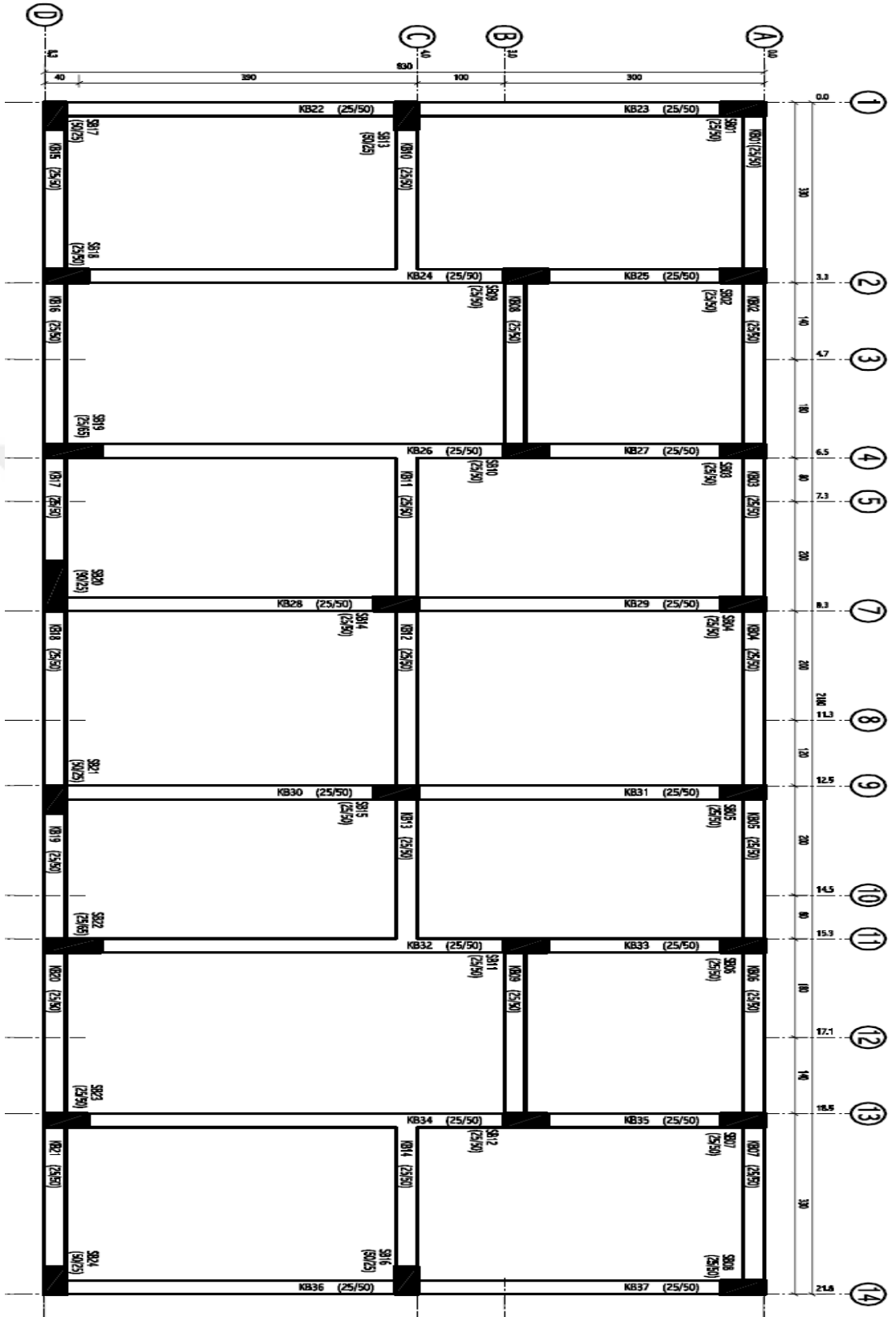
Şekil C.2. İZM-1 binasına ait kalıp planı (2 katlı)



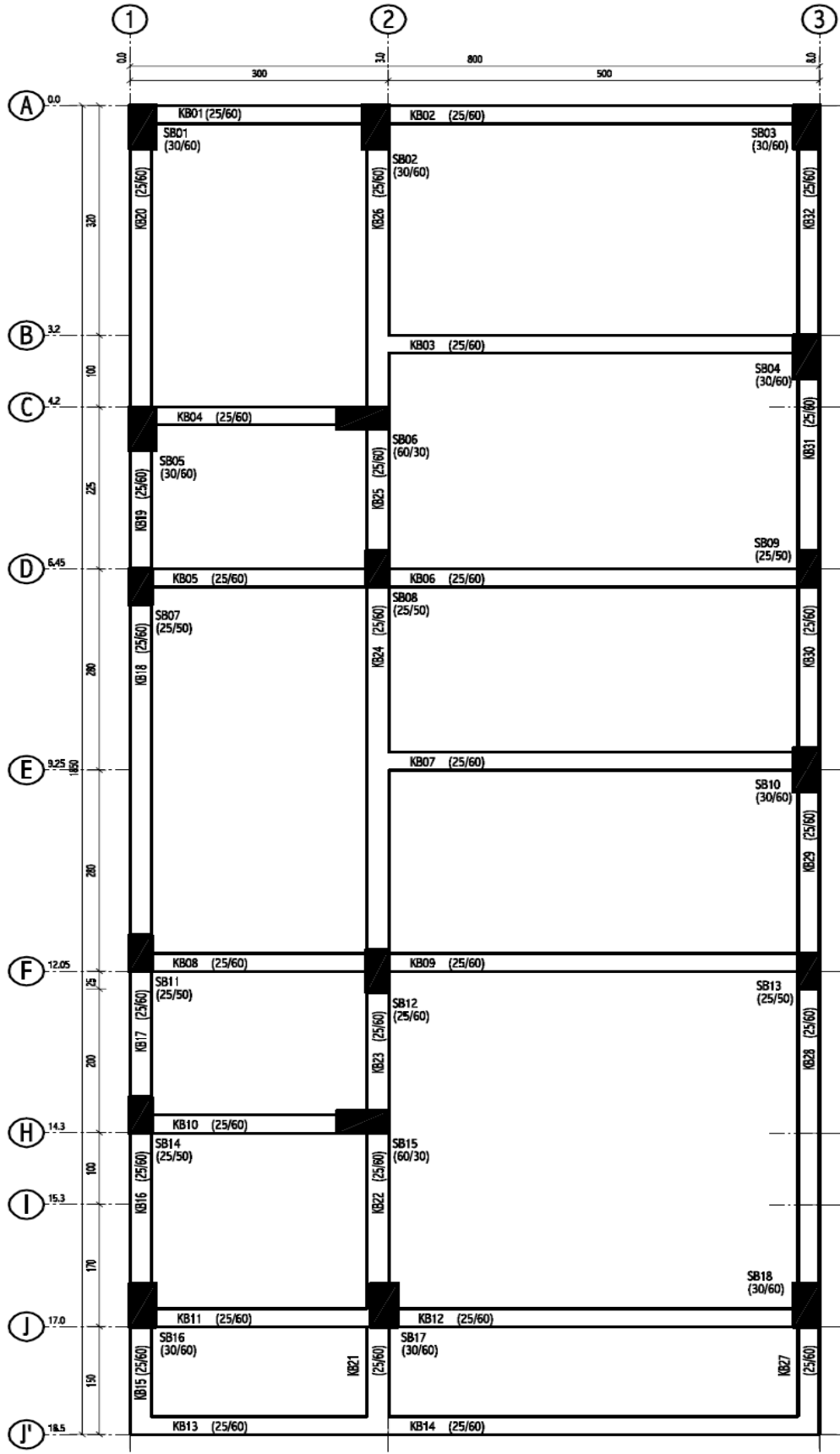
Şekil C.3. AFY-2 binasına ait kalıp planı (3 katlı)



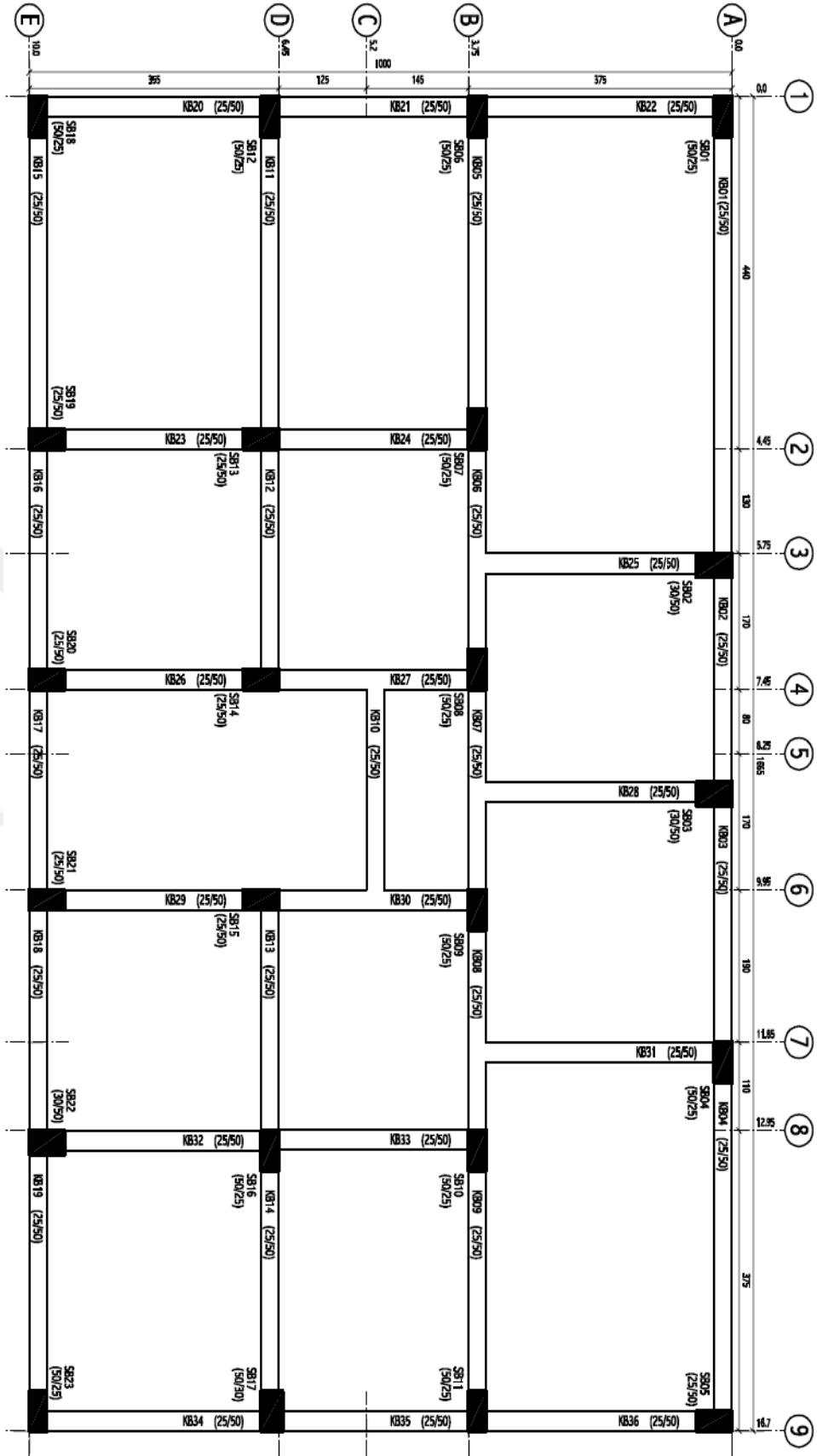
Şekil C.4. AFY-4 binasına ait kalıp planı (4 katlı)



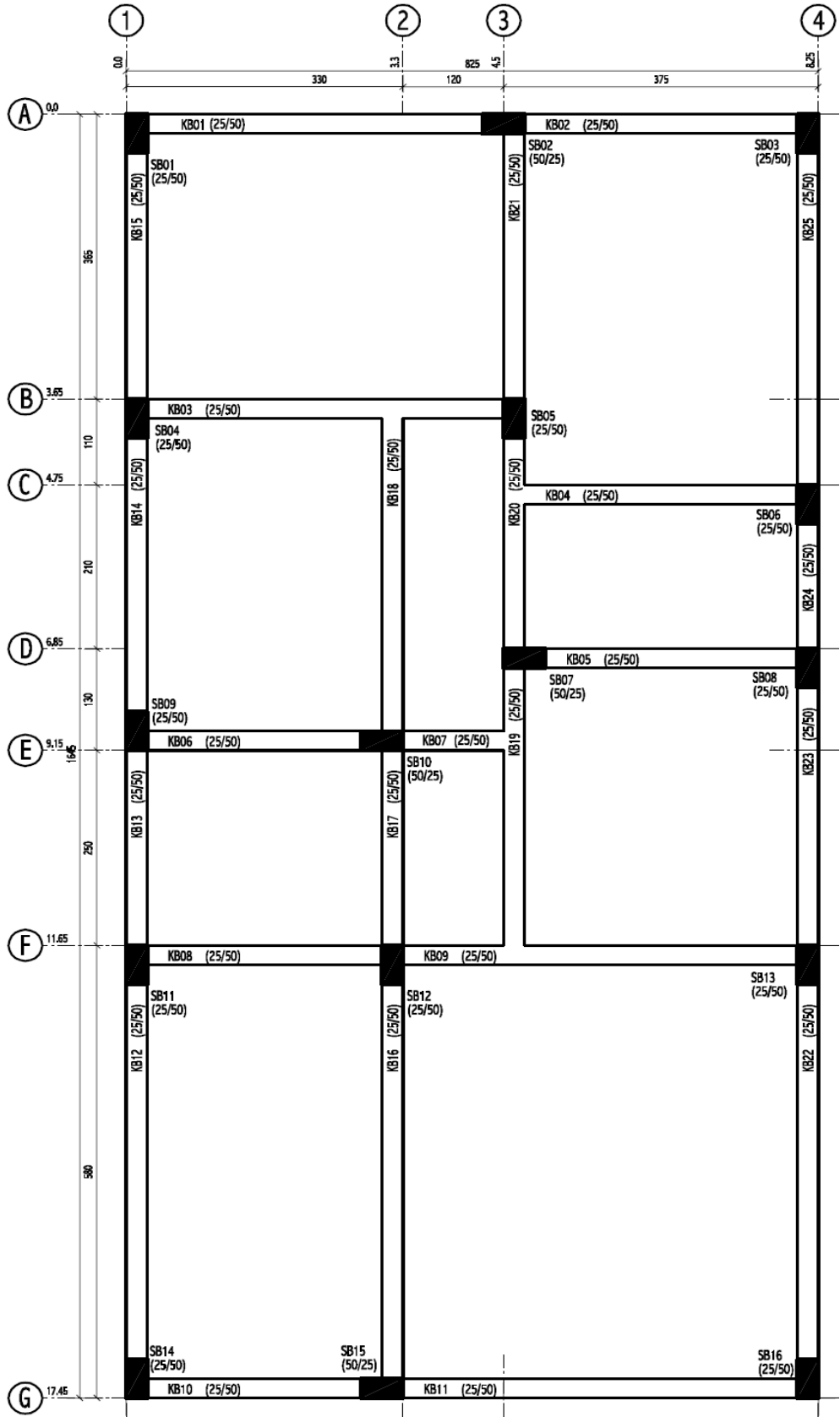
Şekil C.5. BUR-3 binasına ait kalıp planı (4 katlı)



Şekil C.6. AFY-5 binasına ait kalıp planı (5 katlı)



Şekil C.7. AFY-6 binasına ait kalıp planı (5 katlı)



Şekil C.8. AFY-7 binasına ait kalıp planı (5 katlı)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sinan KAÇIM

Doğum Yeri ve Yılı : Manisa / Merkez, 1992

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : sinankcm@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Cumhuriyet Anadolu Lisesi-Manisa, 2010

Lisans : SDÜ, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, 2014