

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOLGU DUVARLARIN
MODELLENMESİNDE KULLANILAN
EŞDEĞER BASINÇ ÇUBUĞU YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

İnşaat Müh. İ. Övgün TAR

FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç Dr. Bilge DORAN (YTÜ)

İSTANBUL,2010

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Dolgu Çerçevelerin Nümerik Modelleme Teknikleri	3
1.1.1 Mikro-Modeller	3
1.1.2 Makro-Modeller	4
1.2 Eşdeğer Basınç Çubuğu ile İlgili Çalışmalar	6
2. EŞDEĞER BASINÇ ÇUBUĞU MODELLERİ	9
2.1 P. G. Asteris Tarafından Önerilen Model	9
2.2 A. Hendry Tarafından Önerilen Model	13
2.3 W. W. El-Dakhakhni Tarafından Önerilen Model	15
3. MEVCUT ÜÇ BOYUTLU BİNA MODELİ	21
3.1 A-A Aksı Çerçeve Bilgileri	22
3.2 Düşey Yükler	26
3.2.1 Sabit (Ölü) Yük	26
3.2.2 Hareketli Yük	27
3.3 Yatay Yükler	28
4. EŞDEĞER BASINÇ ÇUBUĞU MODELLERİNİN ÖRNEK DÜZLEMSEL BİNA ÇERÇEVELERİ İÇİN KARŞILAŞTIRILMASI	30
4.1 A-A Aksı Çerçeve Analizi	30
4.1.1 Dolgu Duvarsız Çerçeve Analizi	30
4.1.2 Dolgu Duvarlı Çerçeve Analizi	31
4.1.2.1 P. G. Asteris Tarafından Önerilen Model ile Düzlemsel Çerçeve Analizi	31
4.1.2.2 A. Hendry Tarafından Önerilen Model ile Düzlemsel Çerçeve Analizi	32
4.1.2.3 W. W. El-Dakhakhni Tarafından Önerilen Model ile Düzlemsel Çerçeve Analizi	34
4.2 Düzlemsel Çerçeve Analizlerinin Karşılaştırılması	35

5.	EŞDEĞER BASINÇ ÇUBUĞU MODELLERİNİN MEVCUT ÜÇ BOYUTLU BİNA İÇİN KARŞILAŞTIRILMASI	36
5.1	Dolgu Duvarsız Yapının Analizi	36
5.2	P. G. Asteris Tarafından Önerilen Model ile 3B Yapı Analizi	37
5.3	A. Hendry Tarafından Önerilen Model ile 3B Yapı Analizi	38
5.4	W. W. El-Dakhkhni Tarafından Önerilen Model ile 3B Yapı Analizi	39
5.5	Üç Boyutlu Yapı Analizlerinin Karşılaştırılması	40
5.6	Analizin Genişletilmesi	41
6.	STATİK İTME ANALİZİ	46
6.1	Kat Kütleleri	53
6.2	Çözümde Dikkate Alınan Yüklemeler	55
6.3	Dolgu Duvarsız Model için İtme Analizi Yükleri	57
6.4	Dolgu Duvarlı Model için İtme Analizi Yükleri	58
6.5	Artımsal İtme Eğrileri	59
7.	ANALİZ SONUÇLARI	66
8.	SONUÇ VE ÖNERİLER	71
	KAYNAKLAR	72
	EKLER	75
Ek 1	Mevcut Binanın Bodrum Kat Planı	76
Ek 2	Mevcut Binanın Zemin Kat Planı	77
Ek 3	Mevcut Binanın 1. ve 2. Normal Kat Planı	78
Ek 4	Mevcut Binanın 3. Normal Kat Planı	79
Ek 5	Mevcut Binanın Bodrum Kat Kalıp Planı	80
Ek 6	Mevcut Binanın Zemin, 1. ve 2. Normal Kat Kalıp Planı	81
Ek 7	Mevcut Binanın 3. Normal Kat Kalıp Planı	82
Ek 8	Mevcut Binanın Bodrum Kat Kolon Aplikasyon Planı	83
Ek 9	Mevcut Binanın Normal Kat Kolon Aplikasyon Planı	84
	ÖZGEÇMİŞ	85

SİMGE LİSTESİ

A	Diyagonallerin toplam alanı (El-Dakhkhni yönteminde)
b_c	Kolon kesit genişliği
b_w	Kiriş kesit genişliği
C_b	Kiriş-dolgu duvar arayüzündeki normal gerilmelerinin en üst değeri
C_c	Kolon-dolgu duvar arayüzündeki normal gerilmelerinin en üst değeri
d	Duvarın diyagonal uzunluğu
E_f	Çerçevenin elastisite modülü
E_m	Duvarın elastisite modülü
f'_c	Betonun azaltılmış dayanımı
f_m	Dolgu duvarın basınç dayanımı
f_{m-0}	Dolgu duvarın yatay basınç dayanımı
f_{m-90}	Dolgu duvarın düşey basınç dayanımı
F_b	Kiriş-dolgu duvar arayüzündeki kayma gerilmelerinin en üst değeri
F_c	Kolon-dolgu duvar arayüzündeki kayma gerilmelerinin en üst değeri
H	Dolgu duvarın göçme yükü
h_b	Kiriş kesit yüksekliği
h_c	Kolon kesit yüksekliği
h	Duvar yüksekliği
I_b	Kirişin atalet momenti
I_c	Kolonun atalet momenti
l	Duvar uzunluğu
L_p	Plastik şekil değiştirme bölgesi' nin uzunluğu
M_{pj}	Kolon/kiriş/birleşimin moment kapasitelerinin en küçüğü
M_{pb}	Kolonun plastik moment kapasitesi
M_{pc}	Kirişin plastik moment kapasitesi
M_y^j	j kesitinin akma momenti
M_{G+Q}^j	j kesitinde düşey yüklerden dolayı oluşan eğilme momenti
$M_{b,1}^j$	j kesitinde ilk adımda birim yatay yüklemeden dolayı oluşan eğilme momenti
N	Yüklenmemiş köşerler kolon normal gerilmesi ile kiriş kayma gerilmesi
r	En/boy oranı
S	Yüklü köşelerde kolon kayma gerilmesi ile kiriş normal gerilmesi
t	Duvar kalınlığı
w	Eşdeğer basınç çubuğu genişliği
α_1^j	j kesitini akma sınırına ulaştıracak çarpan
α_h	Yanal deformasyon durumunda, duvar ile kolon arasındaki temas uzunluğu
α_l	Yanal deformasyon durumunda, duvar ile kiriş arasındaki temas uzunluğu
λ	Rijitlik azaltma faktörü
θ	Duvar diyagonalinin yatay ile yaptığı açı
α_b	Kiriş-duvar arası temas uzunluğunun kolon yüksekliğine oranı
α_c	Kolon-duvar arası temas uzunluğunun kolon yüksekliğine oranı
β	Çerçeve ortalama eğilme momentleri için azaltma katsayısı
σ_b	Kiriş temas bölgesindeki gerilme
σ_c	Kolon temas bölgesindeki gerilme
μ	Dolgu duvar ile çerçeve arasındaki sürtünme katsayısı
r	Dolgu duvar yüksekliğinin boyuna oranı
ϕ_x	Başlangıç yükleme sonucunda oluşan x doğrultusundaki genlik
ϕ_y	Başlangıç yükleme sonucunda oluşan y doğrultusundaki genlik

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Yanal yük altında, çerçevede oluşan temas ve ayrılma bölgeleri	2
Şekil 1.2 Chrysostomou, C. Z. (1991) ‘ nun eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımı	5
Şekil 2.1 Eşdeğer basınç çubuğu modeli (Mainstone, R. J. 1971)	9
Şekil 2.2 Duvar üzerindeki boşlukların konumları ve oranları (Asteris, P.G., 2003)	11
Şekil 2.3 Diyagonalin boşluktan geçmesi durumunda, boşluk oranına bağlı olarak rijitlik azaltma faktörü değerleri grafiği (Asteris,P.G.,2003)	12
Şekil 2.4 Boşluğun konumuna göre, boşluk oranına bağlı olarak rijitlik azaltma faktörü değerleri grafiği (Asteris,P.G.,2003)	12
Şekil 2.5 A. Hendry tarafından önerilen modelde eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımı	14
Şekil 2.6 Çerçeve yük etkileşimi (Saneinejad, A., Hobbs, B., 1995)	16
Şekil 2.7 Dolgu panelin iki diyagonal bölgeye ayrılması	20
Şekil 2.8 Eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımı	20
Şekil 3.1 Mevcut bina	21
Şekil 3.2 Dinamik hesapta kullanılan elastik tasarım spektrum eğrisi	22
Şekil 3.3 Akslar, bodrum kat (a) ve diğer katlardaki (b) kolonların yerleşimi	24
Şekil 3.4 A-A aksı düşey kesit	25
Şekil 3.5 A-A aksı sabit yükleri	26
Şekil 3.6 A-A aksı hareketli yükleri	27
Şekil 3.7 A-A aksı yatay yük alanı	28
Şekil 3.8 Katlara etkiyen yatay yükler	29
Şekil 4.1 Dolgu duvarsız A-A aksı çerçevesi	30
Şekil 4.2 P.G. Asteris modeli ile belirlenen eşdeğer basınç çubukları ve örnek çerçeve	32
Şekil 4.3 A. Hendry modeli ile belirlenen eşdeğer basınç çubukları ve örnek çerçeve	33
Şekil 4.4 W. W. El-Dakhkhni modeli ile belirlenen eşdeğer basınç çubukları ve örnek çerçeve	35
Şekil 5.1 Analizi yapılan beş katlı mevcut yapının üç boyutlu görünümü	36
Şekil 5.2 Dolgu duvarlı eşdeğer bina modeli-X yönü duvarları (P.G. Asteris Modeli)	37
Şekil 5.3 Dolgu duvarlı eşdeğer bina modeli-Y yönü duvarları (P.G. Asteris Modeli)	37
Şekil 5.4 Dolgu duvarlı eşdeğer bina modeli-X yönü duvarları (A.Hendry Modeli)	38
Şekil 5.5 Dolgu duvarlı eşdeğer bina modeli-Y yönü duvarları (A.Hendry Modeli)	38
Şekil 5.6 Dolgu duvarlı eşdeğer bina modeli-X yönü duvarları (W.W. El-Dakhkhni Modeli)	39
Şekil 5.7 Dolgu duvarlı eşdeğer bina modeli-Y yönü duvarları (W.W. El-Dakhkhni Modeli)	39
Şekil 6.1 İlk plastik mafsall oluşumu	47
Şekil 6.2 İkinci plastik mafsall oluşumu	48
Şekil 6.3 Mekanizma durumu	48
Şekil 6.4 Bir elemanın elastik ötesi davranışını ifade eden kuvvet-şekil değiştirme eğrisi	49
Şekil 6.5 Mevcut yapıda tanımlanan plastik mafsallar	50
Şekil 6.6 Kolon ve Kirişlerin Moment-Plastik Dönme $M/M_p - \theta_p$ Bağlılıları (İnel vd.,2007)	51
Şekil 6.7 X-X yönünde sırasıyla 1, 2, 4, ve 5 numaralı akslardaki eşdeğer basınç çubuğu numaraları	51
Şekil 6.8 Y-Y yönünde sırasıyla A, B, ve D akslarındaki eşdeğer basınç çubuğu numaraları	52
Şekil 6.9 Yapıya etki eden döşeme sabit (G) ve hareketli yükleri(Q)	55

Şekil 6.10	Yapıya etki eden duvar yükü.....	55
Şekil 6.11	İtme analizinde kullanılacak olan yüklerin dağılımı.....	56
Şekil 6.12	Dolgu duvarsız modele X - X yönünde etki eden itme kuvvetleri.....	57
Şekil 6.13	Dolgu duvarsız modele Y - Y yönünde etki eden itme kuvvetleri.....	57
Şekil 6.14	Dolgu duvarlı modele X - X yönünde etki eden itme kuvvetleri.....	58
Şekil 6.15	Dolgu duvarlı modele Y - Y yönünde etki eden itme kuvvetleri.....	58
Şekil 6.16	Dolgu duvarsız model için mekanizma durumu.....	59
Şekil 6.17	Dolgu duvarsız yapının X - X yönü kapasite eğrisi.....	60
Şekil 6.18	Dolgu duvarlı yapının X - X yönü kapasite eğrisi.....	60
Şekil 6.19	Dolgu duvarlı model için mekanizma durumu.....	61
Şekil 6.20	Dolgu duvarsız yapının Y - Y yönü kapasite eğrisi.....	61
Şekil 6.21	Dolgu duvarlı yapının Y - Y yönü kapasite eğrisi.....	62
Şekil 6.22	Tipik mekanizma durumları a)Kiriş mekanizması b)Kolon mekanizması.....	62
Şekil 6.23	Mekanizma durumu (Y-Y doğrultusu) a)3 Boyutlu model b)Düzlemsel bina çerçeveleri.....	63
Şekil 6.24	Mekanizma durumu (X-X doğrultusu) a)3 Boyutlu model b)Düzlemsel bina çerçeveleri.....	64
Şekil 7.1	X - X yönünde karşılaştırmalı taban kesme kuvveti - yer değiştirme grafiği.....	69
Şekil 7.2	Y - Y yönünde karşılaştırmalı taban kesme kuvveti - yer değiştirme grafiği.....	70

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Kiriş etkili tabla genişlikleri (B:bodrum kat, Z:zemin kat).....	23
Çizelge 4.1 Dolgu duvarsız çerçevenin deplasman ve periyot değerleri.....	31
Çizelge 4.2 P. G. Asteris modeli kullanılarak belirlenen eşdeğer basınç çubuklu çerçevenin deplasman ve periyot değerleri.....	32
Çizelge 4.3 A. Hendry modeli kullanılarak belirlenen eşdeğer basınç çubuklu çerçevenin deplasman ve periyot değerleri.....	33
Çizelge 4.4 W. W. El-Dakhakhni modeli kullanılarak belirlenen eşdeğer basınç çubuklu çerçevenin deplasman ve periyot değerleri.....	35
Çizelge 4.5 Farklı yöntemlerle oluşturulmuş dolgu duvar modeli çerçevenin analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	35
Çizelge 5.1 Uzaysal analiz sonucunda bulunan dolgu duvarsız yapının deplasman ve periyot değerleri.....	36
Çizelge 5.2 P. G. Asteris modeli kullanılarak belirlenen eşdeğer basınç çubuklu yapının deplasman ve periyot değerleri.....	37
Çizelge 5.3 A. Hendry modeli kullanılarak belirlenen eşdeğer basınç çubuklu yapının deplasman ve periyot değerleri.....	38
Çizelge 5.4 W. W. El-Dakhakhni modeli kullanılarak belirlenen eşdeğer basınç çubuklu yapının deplasman ve periyot değerleri.....	39
Çizelge 5.5 Farklı yöntemlerle oluşturulmuş dolgu duvar modeli yapı analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	40
Çizelge 5.6 10 Katlı yapı için eşdeğer model analiz sonuçları (P.G. Asteris Modeli).....	41
Çizelge 5.7 10 Katlı yapı için eşdeğer model analiz sonuçları (A.Hendry ve W.W. El-Dakhakhni yöntemi).....	42
Çizelge 5.8 15 Katlı yapı için eşdeğer model analiz sonuçları (P.G. Asteris Modeli).....	43
Çizelge 5.9 15 Katlı yapı için eşdeğer model analiz sonuçları (A.Hendry ve W.W. El-Dakhakhni yöntemi).....	44
Çizelge 6.1 Eşdeğer basınç çubuklarının taşıma gücü.....	52
Çizelge 6.2 1., 2. ve 3.normal katlarda kütleli oluşturan elemanlar ve kat kütlesi.....	53
Çizelge 6.3 En üst katta kütleli oluşturan elemanlar ve kat kütlesi.....	54
Çizelge 7.1 Düzlemsel çerçeve analizi-dolgu duvarların çerçeve davranışına katkısı.....	66
Çizelge 7.2 Üç boyutlu beş katlı mevcut yapı analizi-dolgu duvarların yapı davranışına katkısı.....	66
Çizelge 7.3 Üç boyutlu on katlı yapı analizi-dolgu duvarların yapı davranışına katkısı.....	67
Çizelge 7.4 Üç boyutlu onbeş katlı yapı analizi-dolgu duvarların yapı davranışına katkısı.....	68

ÖNSÖZ

Aktif faylar barındıran yüksek dereceli deprem kuşakları üzerinde bulunan ülkemizde, yapıların tasarımı ve projelendirilmesi esnasında, yapının deprem davranışına etki eden faktörlerin yeteri kadar dikkate alınıp alınmadığı halen sorgulanmaktadır. Bir yapıyı dış etkilere, özellikle de deprem etkisine karşı koruyabilmek için, yapının bu etkiler altındaki davranışını iyi analiz etmek gerekmektedir.

Yapı tasarımında ağırlığa olan katkısı dışında dikkate alınmayan tuğla duvarlar, özellikle yanal yük altında, yapıda beklenmeyen davranış değişikliğine sebep olabilmektedir. Bunun sonucunda da yapıda beklenmedik hasarlar meydana gelebilmekte ve büyük ekonomik zararlarla karşı karşıya kalılabilmektedir.

Bu çalışmada, dolgu duvarların deprem yükleri altındaki yapı davranışına olan etkilerine değinilmiş, nümerik modelde kullanılmak üzere mevcut çalışmalarda önerilmiş eşdeğer basınç çubuklarının, iki ve üç boyutlu yapısal analizlerde yatay yer değiştirme ve periyot üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Ayrıca doğrusal olmayan analiz yapılarak, dolgu duvarların rijitlik açısından yapıya ne derece katkı sağladığı daha irdelenmiştir. Analizler Bayrampaşa' da mevcut bir bina projesi üzerinde yapılmıştır.

Yüksek lisans tez konumun belirlenmesinde ve çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, fikirleri ile bana ışık tutan danışman hocam, Sayın Yrd.Doç.Dr.Bilge DORAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, çalışmalarım esnasında manevi desteklerini sürekli hissettiğim ailem ve sevdiklerime teşekkürlerimi sunarım.

Şubat 2010

İ.Övgün TAR

DOLGU DUVARLARIN MODELLENMESİNDE KULLANILAN EŞDEĞER BASINÇ ÇUBUĞU YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

İbrahim Övgün TAR
İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi

Betonarme binaların tasarım ve projelendirilmesinde, dolgu duvarların da nümerik modelde dikkate alınması oldukça karışık ve zor olduğundan, modelde sadece düşey yük olarak dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada dolgu duvarlar için önerilen modelleme teknikleri üzerinde durulmuş ve dolgu duvarların nümerik modele dahil edilmesi durumunda yapısal davranışı ne derece etkileyeceği araştırılmıştır.

Dolgu duvarların, imal edildiği çerçeveye ve dolayısıyla yapıya yer değiştirme ve periyot açısından katkısını farklı yöntemler yardımıyla incelemek ve bu yöntemleri karşılaştırmak amacıyla, Bayrampaşa’ da mevcut olan bir bina ele alınmıştır.

İlk olarak, sadece fikir vermesi açısından belirli bir düzlemsel bina çerçevesi ele alınmış ve farklı modelleme yöntemlerinin, düzlemsel olarak dolgu duvarsız çerçeveden ve birbirlerinden ne kadar değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Daha sonra, bina üç boyutlu olarak modellenmiş, ek olarak kat sayısı da arttırılarak, aynı irdeleme tekrarlanmıştır. Duvar ağırlıkları, üzerinde bulundukları kirişlere düzgün yayılı yük olarak etki ettirilmiştir; ağırlıksız eşdeğer basınç çubukları, çerçevelerin ilgili diyagonalı boyunca iki ucu mafsallı olarak ve yatay yükün yönüne bağlı olarak sadece basınca çalışacak şekilde yerleştirilmiştir.

Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız modellerin kat yer değiştirmeleri ve periyotlarının analizi sonucunda, dolgu duvarların yapının bu özelliklerine önemli katkısı olduğu, ve kullanılan yöntemle göre farklılıklar gösterdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Dolgu duvarlı çerçeve, eşdeğer basınç çubuğu, yer değiştirme, serbest titreşim periyodu

THE COMPARISON OF EQUIVALENT COMPRESSION STRUT METHODS USED IN MODELLING OF INFILL WALLS

İbrahim Övgün TAR
Civil Engineering, M.S. Thesis

Numerical complexities and difficulties occur in the modelling of infill walls. Therefore, in the analysis and design of RC buildings, infill walls are generally considered as dead loads.

This study aims to explore the structural behaviour of infill walls considering the modelling concepts available in the literature.

An existing building in Bayrampasa was selected in order to compare various macro modelling concepts. Infill walls were modelled according to these concepts as an equivalent compression struts to estimate the structural displacements and free vibration periods.

Initially, for the purpose of having an idea about the modelling infill wall and its behaviour, 2D plane frame of the existing building was investigated. After that, the building was modelled as 3D frame analogy, and the analysis was repeated identically. Besides, to investigate the contribution of its effect on the free vibration periods, number of stories was increased randomly.

In this study, weightless equivalent compression struts exposed only to compression force were used along the related diagonal of the wall.

As a result of the analysis of models with and without infill walls, it has been determined that infill walls make a significant contribution to its story displacements and periods. Besides, analysis also shows that the macro modelling concepts give different results.

Keywords: Infilled frame, equivalent compression strut, displacement, free vibration period

1. GİRİŞ

Birçok ülkede betonarme çerçevelerde, iç mekanları bölmek amacıyla kullanılan duvarlarda boşluklu/boşluksuz tuğla malzemesi kullanılır. Dolgu duvarlar, çerçeve rijitliğini ve mukavemetini arttırmasına rağmen, çerçeve-dolgu duvar kompozit davranışı hakkında yeterli bilgi olmadığından, nümerik modelde göz önünde pek tutulmaz. Ancak, günümüzde dolgu duvar ile onu saran çerçeve arasında güçlü bir etkileşim olduğu geniş çaplı deneysel ve yarı-analitik araştırmalar yardımıyla ortaya konmuştur. Bu bulgular aşağıda özetlenmiştir(Asteris, 2008):

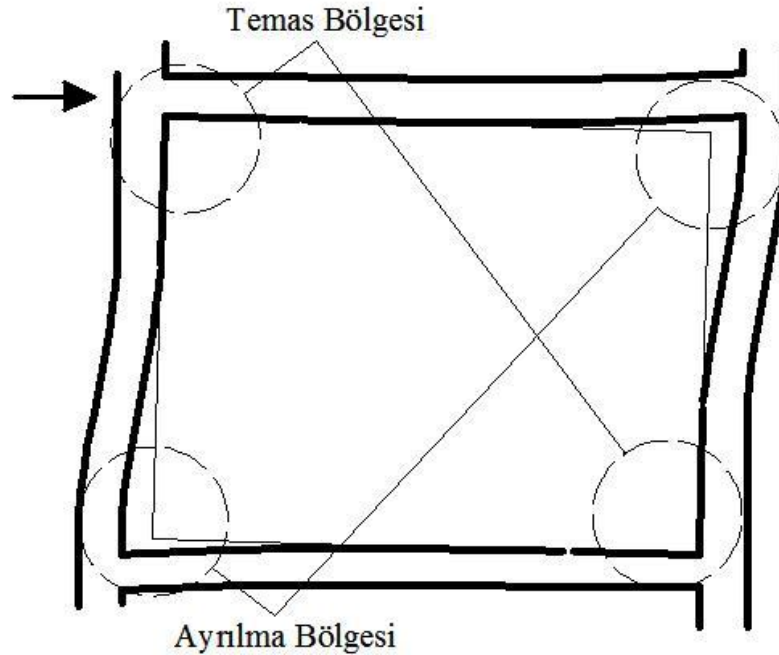
- Kompozit çerçeve davranışı sadece çerçevenin bağıl rijitliğine ve dolgu duvar ile çerçevenin geometrisine bağlı değildir; aynı zamanda tuğlanın mukavemet özelliklerinden önemli derecede etkilenir.
- Kompozit çerçevenin toplam rijitliğinde ve düzlem içi atalet momentinde, dolayısıyla enerji dağılımında hatırı sayılır artma olur.
- Çerçevenin yüksekliği boyunca oluşan kayma gerilmelerinin, dolgu duvar etkisi hesaba katılmadığı için, oldukça yüksek olduğu saptanmıştır.
- Gerektiği gibi tasarlandığında, dolgulu çerçeveler hatalı bile yapılmış olsa, yapının göçme ihtimali önemli ölçüde azalmaktadır.

Yapılarda depremle oluşan hasar bedelinin yaklaşık %80' i dolgu duvarlar, dolayısıyla kapı, pencere, elektrik ve sıhhi tesisat hasarlarından oluşur.

Geniş uygulama alanı ve ekonomik önemine rağmen, bu yapısal sistemin analitik olarak modellenememesi, aşağıdaki sebeplerle açıklanabilir (Asteris, P.G., 2008):

- Hesaplamaların Karmaşıklığı: dolgu malzemesi ve ara yüz boyunca değişken olan temas yüzeyleri analitik zorluk çıkarır. Smith, S. (1966)' e göre, dolgulu çerçevelerin kompozit davranışı gerçekte statik olarak belirsiz karmaşık bir problemidir.
- Yapısal Belirsizlikler: tuğlanın mekanik özellikleri kadar çerçeve – duvar temas yüzeylerindeki sınır koşulları yerel imalat koşullarına bağlıdır.
- Dolgulu çerçevelerin doğrusal olmayan davranışı dolgu duvar paneli ile onu çevreleyen çerçeve arasındaki temas yüzeyine bağlıdır.

Yatay yük etkisindeki bir dolgu duvarı, onu sınırlayan çerçeveden farklı davranış sergiler. Bu farklı davranışı ifade edebilmek için, iki karşılıklı basınç köşesinde diyagonal bir çubuğun göstereceği basınç mekanizması oluşarak, duvarın çerçeve ile teması sınırlandırmak yerinde olacaktır. Çerçeve – dolgu duvar arasında böyle bir ilişki olduğundan, dolgulu çerçevenin göçme mekanizması tek başına bir çerçevenin ya da tek başına bir duvar panelinin göçme mekanizmasından çok farklı olabilir. Birçok durumda yanal rijitlik, bu iki bileşenin basit bir toplamı olarak kabul edilemez. Bu ilişkiyi modellemenin en yaygın ve kolay yaklaşımı, bir eşdeğer basınç çubuğu kullanmaktır.



Şekil 1.1 Yanal yük altında, çerçevede oluşan temas ve ayrılma bölgeleri

1.1 Dolgu Çerçevelerin Nümerik Modelleme Teknikleri

1950'lerin ortalarından beri, dolgulu çerçevelerin bünyesel davranışı ile ilgili araştırmalar sonucu bir takım analitik modeller geliştirilmiştir. Modelleri, yaklaşımlarını daha iyi anlayabilmek için karmaşıklıklarına, model oluştururken ele alınan detaylara ve yapının davranışı ile ilgili analiste sağladığı bilgiye dayanarak, *mikro* ve *makro* model olarak sınıflandırmak kolaylık olacaktır. Bir *makro*-modelin (basitleştirilmiş) temel karakteristiği, bütün olası yerel göçme modları modellemeden yapısal elemanın genel davranışını kapsamaya çalışmaktır. Diğer yandan, *mikro*-modeller bütün olası göçme modlarını kapsayabilmesi açısından bir yapısal elemanın davranışını detaylı olarak modeller.

1.1.1 Mikro-Modeller

Bu bölümde belirtilen bütün modeller, yatay yük altındaki dolgulu çerçevelerin davranışını temsil etmesi için üç farklı eleman kullanmış olup, sonlu elemanlar yöntemine dayanmaktadır. Bu modellere göre, çerçeve bir çubuk veya düzlem eleman olarak, tuğla düzlem eleman olarak, ve harç ise ara yüz elemanları ya da tek boyutlu düğüm elemanları ile modellenmektedir. Dolgulu çerçevelerin analizi için, çerçeve ile dolgu arasındaki ara yüz şatlarının temsilindeki problemi işaret ederek, ilk sonlu elemanlar yaklaşımını Mallick, D.V., Severn, R.T., (1967) ile Mallick, D.V., Garg, R.P., (1971) önermiştir. Dolgu paneller, her bir elemanın düğüm noktalarında iki serbestlik derecesi ile, doğrusal – elastik dikdörtgen sonlu eleman olarak, ve çerçeve eksenel deformasyon yok sayılarak, çubuk olarak tanımlanmıştır. Bu, “*ara yüz boyunca çerçeve ile dolgu arasındaki etkileşim kuvvetleri yalnızca normal kuvvetlerden oluşur*” kabulünün bir sonucuydu. Anılan modelde, temas bölgelerindeki sürtünme kuvvetleri göz önünde tutularak, çerçeve ile dolgu arasındaki kayma gerilmeleri de hesaba katılmıştır. Statik yükleme altında bir takım tek katlı dikdörtgen dolgulu çerçeveler analiz edilmiş ve yükseklik-açıklık oranı ikiden fazla olmadığı durumlarda, sonuçlar deneysel sonuçlarla örtüştüğü gösterilmiştir.

Liau, T.C., Kwan, K.H., (1984), tekil yük etkiyen dolgulu çerçevelerin davranışlarını incelemek için üç değişik tipte eleman kullanmıştır. Dolgu-çerçeve arayüzü, hem bu ayrımı hem de aradaki kaymayı temsil edebilen, basit çubuk elemanlarla modellenmiştir. Dolgu panel ise üçgensel düzlem gerilme elemanları ile modellenmiştir. Çekme durumunda malzeme, doğrusal-elastik ve gevrek olarak idealize edilmiştir. Malzeme, çatlama öncesi izotropik, çatlama sonrası ise, çatlağın varlığından dolayı anizotropik kabul edilmiştir. Açık bir çatlak için, çatlağa dik yöndeki elastisite modülü ve çatlağa paralel kayma modülü sıfır kabul edilmiştir. Basınç durumunda, dolgu paneli için doğrusal olmayan gerilme-şekil değiştirme

ilişkisi ön görülmüştür. Malzeme iki eksenli gerilmeye maruz kalmasına rağmen, deneysel sonuçlara dayanarak tek eksenli gerilme altında olduğu varsayılmıştır; bu da asal gerilmelerden birinin diğerinden çok daha küçük olduğunu göstermektedir. Artımsal yer değiştirme esaslı bir iterasyon yöntemi kullanılarak, birkaç mikro-beton dolgulu dört katlı tek açıklıklı model çerçeve analiz edilmiştir. Analitik ve deneysel sonuçların birbirine yakın olduğu gözlenmiştir.

Dhanaskar, M., Page, A.W., (1986), dolgu ile çerçeve arasındaki harcı modellemek için tek boyutlu düğüm noktası elemanları kullanarak, kompozit çerçevenin davranışının sadece dolgu ve çerçevenin bağıl rijitliği ile dolgu/çerçeve geometrisine değil, aynı zamanda tuğlanın mukavemet özelliklerinden de önemli derecede etkilendiğini göstermiştir.

1.1.2 Makro-Modeller

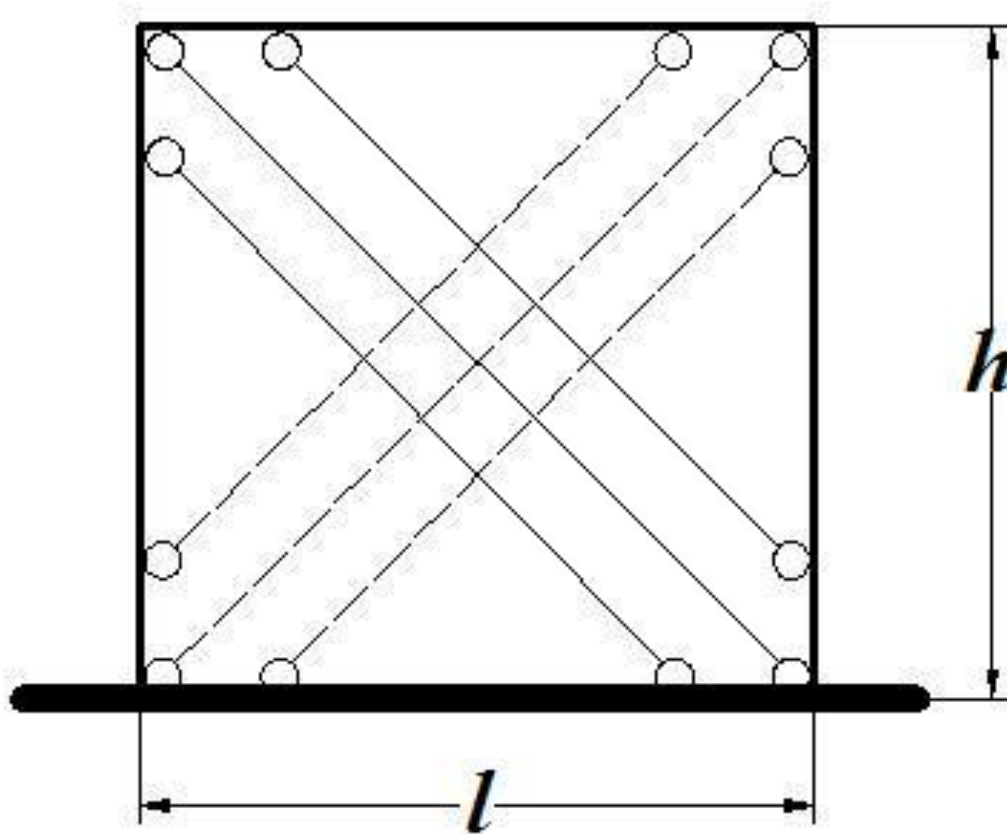
Kompozit dolgulu çerçeve yapılarının modellenmesi için yapılan ilk çalışmalar, deneysel ve kavramsal gözlemler, uygun geometrik ve mekanik özellikli bir diyagonal çubuğun bu soruna bir çözüm getirebileceğini göstermiştir. 1958’ de Polyakov, S.V., (1960), her paneldeki dolgunun etkisini bir eşdeğer diyagonal destek olarak kabul etmeyi önermiş, ve daha sonra bu öneri Holmes, M., (1961) tarafından aynı malzemeden yapılmış, dolgu panelleri aynı kalınlıkta ve dolgunun diyagonal uzunluğunun üçte biri genişliğinde bir eşdeğer mafsallı çubuk olarak geliştirilmiştir.

Smith, S. (1966) ile Smith, S., Carter, C. (1969) eşdeğer diyagonal çubuk genişliğini, yoğun yük altındaki elastik bir temel üzerindeki bir serbest kirişin temas uzunluğu eşitliğinden esinlenilmiş bir analitik eşitlik kullanarak dolgu/çerçeve temas uzunlukları ile ilişkilendirmiştir. Mainstone, R.J., (1971) ile Kadir, M.R.A., (1974) tarafından çerçeve/dolgu temas uzunluğuna dayanarak eşdeğer çubuk genişliğinin değerlendirilebilmesi için alternatif teklifler verilmiştir.

Smith, S., Carter, C. (1969) ile Mainstone, R.J., (1971), çelik çerçeveli dolgu duvarları simüle etmek ve dolgulu yapıların tekil yük altındaki davranışlarını araştırmak için eşdeğer çubuk yaklaşımını kullanmıştır. Ayrıca bu çubukların ilk rijitlik ve limit gerilme gibi özelliklerini hesaplamak için denklemler geliştirmişlerdir. Uygulamadaki kolaylığından dolayı en çok tercih edilen yaklaşım bu olmuştur.

Son yirmi yılda, dolgulu duvarların karmaşık davranışlarının tek bir çubuk elemanı ile modellenemeyeceği aşikâr olmuştur. Birçok araştırmacının da belirttiği gibi, çerçeve elemanlarındaki eğilme momentleri ve kayma kuvvetleri, yüklü köşelere bağlı tek bir çubukla temsil edilememiştir. Daha sonra, dolgu duvar davranışını temsil edebilmesi için başka karmaşık makro-model yaklaşımları önerilmiştir; ancak bu yaklaşımlar da bir dizi çubuğa dayandırılmıştır.

Chrysostomou, C.Z., (1991), dolguların rijitlik ve mukavemet azalmalarını hesaba katarak deprem yükü altındaki dolgulu çerçevelerin tepkisini simüle edebilmiş ve her bir dolgu paneli altı basınç çubuğu ile modellemeyi teklif etmiştir. Her iki diyagonal boyunca paralel üç çubuk kullanılmış ve diyagonal dışındaki çubuklar çerçeve elemanları boyunca kritik bölgelere yerleştirilmiştir. Bu düzenlemenin tek diyagonal çubuğa göre avantajı, dolgu ile çerçeve arasındaki etkileşimi modellemeye imkan vermesidir.



Şekil 1.2 Chrysostomou, C.Z. (1991) 'nün eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımı

1.2 Eşdeğer Basınç Çubuğu ile İlgili Çalışmalar

Dolgu duvarların gerek doğrusal gerekse doğrusal olmayan davranışlarını anlamak için, elli yılı aşkın süredir deneysel ve analitik çalışmalar yapılmıştır; ve çelik ile betonarme çerçeveler için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Dolgulu çerçevelerin karışık davranışını anlamak için ilk çalışmalar Polyakov(1956) tarafından gerçekleştirilmiştir. Örnek bir modelin deneyi sırasında, yanal yük altında dolgu paneli merkezinde diyagonal çatlaklar gözlenmiş, modelin karşılıklı yüklenmemiş (çekme etkisindeki duvar diyagonalinin) köşelerinde çerçeve ile dolgu arasında boşluklar oluşmuştur; bu arada da yüklü (basınç etkisindeki duvar diyagonalinin) karşılıklı iki köşede tam bir temas gözlenmiştir.

Holmes ,M., (1961), eşdeğer bir çubuğun efektif genişliğinin, birincil olarak dolgu duvarın kalınlığına ve en/boy oranına bağlı olduğunu öne sürmüştür, dolgu yerine aynı malzemeden yapılmış ve diyagonal uzunluğunun 1/3'ü genişlikte bir mafsallı eşdeğer diyagonal çubuk kullanmıştır. Smith, S. (1966) ile Smith,S., Carter, C.(1969) eşdeğer diyagonal çubuğun genişliğini dolgu/çerçeve rijitlik parametresi ile ilişkilendirmiştir, λh ; Mainstone, R.J., (1971;1974) teorik bağıntılar yerine, λh türünden ampirik ilişkiler kullanmıştır. Kısacası, harç ile dolgulu küçük ölçekli çerçevelerde 1960'lı yıllardan beri edinilmiş olan tecrübeler sonucunda, dolgulu çerçeve yapıların rijitliği ve yanal mukavemetini önceden tahmin edebilmek için, günümüzde hala geçerliliği olan eşdeğer fiktif basınç çubukları kullanılmıştır.

R.D. Thomas ve R.E. Klinger karşılaştırmalı çalışmalarında perde giriş modelinin dolgulu çerçevenin yanal rijitliğini gerçek değerinin on üç katına kadar büyüttüğünü bulmuşlardır.

Smith, S., (1966), etkili çubuk genişliğinin dolgu duvarı çevreleyen çerçeveye bağlı olarak, duvarın rijitliğinin bir fonksiyonu olması gerektiğini göstermek için bir elastik teori kullanmıştır; çerçeve-dolgu ilişkisini, dolayısıyla etkili çubuk genişliğini belirleyebilmek amacıyla boyutsuz bir bağıl rijitlik parametresi tanımlamıştır (1.1):

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{E_m t \sin 2\theta}{4E_f I_c h}} \quad (1.1)$$

Smith, S., (1966) bağıl rijitlik parametresi ile çerçeve-dolgu arasındaki temas uzunluğu arasında teorik bir ilişki geliştirmiştir. Daha sonra da temas uzunluğu ve en/boy oranı ile dolgunun etkili diyagonal çubuk genişliği arasında ilişki kurabilmek için bir takım teorik eğriler kullanmıştır. Gerçekleştirilen deneysel çalışmalara dayanarak, teorisinin eşdeğer çubuk genişliğini, davranışı doğru temsil etmesi için gereken değerin üstünde verdiğini anlamış; ve sonradan rijitlik parametresini eşdeğer çubuk efektif genişliği ile ilişkilendirebilmek için bir dizi ampirik bağıntı geliştirmiştir. Bu eğriler, deneysel çalışmalarıyla teorik sonuca göre daha ilişkili olduğu ortaya konmuştur. Bu modele göre, λ değeri arttıkça eşdeğer çubuk genişliği azalmaktadır.

Fiorato, A.E., (1970), bir dolgulu çerçevenin basınç rijitliğini belirlemek için bir perde kiriş modeli kullanılmasını önermiştir. Elde ettiği sonuçlar, deneysel sonuçlarla oldukça örtüşmüştür. Buna rağmen, bu sonuçları göçme yükünün %10-30' u gibi çok düşük değerlerde elde ettikleri başlangıç rijitliğiyle karşılaştırdığı göz önünde bulundurulursa, dolgulu çerçevelerin limit yük değerine gelmeden önceki davranışını tamamen yansıtmaz.

Mainstone, R.J., Weeks, G.A., (1970), bir eşdeğer diyagonal çubuğun etkili genişliği ile Stafford Smith' in dolgu duvarlar için rijitlik parametresi arasında deneye dayalı bir ilişki önermiştir. Bu ilişki sonucunda, Smith, S. (1966) tarafından geliştirilmiş olan modele göre daha düşük değerli bir etkili genişlik elde etmiştir.

Elastik metotlar dolgulu çerçevelerin gerçek davranışını tam olarak temsil edemediği için, plastisite teorileri üzerinde yoğunlaşmıştır. Wood, R.H., (1978) tam plastisite kabulü yaparak limit plastisite analizini genişletmiştir. Bu teoriden çerçeve/dolgu mukavemet parametresi kavramına ve teorik öngörüler ile deneysel sonuçlar arasındaki tutarsızlığı azaltmak için kullanılan ampirik hata parametresine (γ_p) ulaşılmıştır. Bu metot daha sonra May, I.M.,(1981) tarafından göçme yükü ve açıklıklı dolgulu çerçevelerin modlarını öngörme amacıyla genişletilmiştir.

Liau, T.C., Kwan, K.H., (1983), çerçeve/dolgu ara yüzündeki kayma gerilmelerini ihmal eden bir plastik metot geliştirerek, çok değişkenlik gösteren bu hata parametresini kaldırmıştır ve böylece bağıntıları basitleştirmiştir.

Hendry, A.W., (1990), etkili fiktif basınç çubuğu genişliği ile dikey ve yatay temas uzunlukları arasında bir bağıntı elde etmiştir.

Panel diyagonal uzunluğunun $\frac{1}{4}$ 'ü uygun bir fiktif basınç çubuğu genişliği olarak tavsiye edilerek yaklaşık bütün gerilmenin, önemli yatay derz kaymasından önce tuğla duvar tarafından taşındığı farz edilmiştir (Paulay, T. ve Priestley, M.J.N., 1992).

Mehrabi, A.B. vd., (1994, 1996), bir dolgulu çerçevenin göçme yüküne ulaşmadan önceki ortalama davranışını daha çok yansıtan bir sekant rijitliği tanımlamış, test ettiği dolgulu çerçevelerin sekant rijitliğini perde kiriş modeli kullanarak karşılaştırmıştır. Bunun sonucunda zayıf dolgulu çerçevelerin birçoğu için perde kiriş modelinin oldukça örtüştüğünü belirlemiştir. Bunun yanında, güçlü dolgulu çerçevelerde perde kiriş modelinin sekant rijitliğinin olması gerekenden iki kat büyüttüğünü görmüştür.

Angel, R. vd. (1994), Smith, S. (1966) tarafından geliştirilmiş olan modelin deneysel ölçülen rijitliği gerçek değerinden iki kat fazla tahmin etme eğiliminde olduğunu bulmuştur.

Saneinejad, A., Hobbs, B. (1995) tarafından limit analize dayanan bir çubuk modeli önerilmiştir ve bu model Madan, A., (1997) tarafından, çevrimsel yük analizi için genişletilmiştir. İki model de çok katlı çelik çerçevelerin analizi için geliştirilmiştir.

Al-Chaar, G. vd., (2002), sistemin sanal eşdeğer basınç çubukları ile çerçeveye çapraz olarak kenetlenme davranışında bulunduğunu, çerçeveden dolguya doğru olan gerilmelerin homojen kesme duvardan ziyade, çapraz kenetlenme sisteminin çok tipik bir dağıtımı ile dolgu-çerçeve ara yüzündeki basınç bölgesinde aktarıldığını ileri sürmüştür.

Yapılan son araştırmalar çoğunlukla kapı ve pencere boşluğu olmayan dolgu duvarların incelenmesi üzerine odaklanmıştır. Fakat kapı ve pencere boşlukları bulunan dolgu duvarlı çerçevenin, boşluksuz kabul edilen dolgu duvarlı çerçeveden daha az rijit olduğu gözlenmiştir (Asteris, P.G., 2003).

Bütün bu bahsedilen çalışmaların oldukça farklı sonuçları göz önünde bulundurulduğunda, kesin bir sonuca ulaşılamaz. Ancak, Smith, S. (1966) tarafından ileri sürülen yaklaşımı, yanal rijitliği artırmaya karşın, birçok araştırmacı tarafından benimsenmiştir. Bu gelecek çalışmalar için çözülmesi gereken iki soruna işaret eder. Biri, dolgulu bir çerçevenin, büyük çapta hasar görmeden önceki genel davranışını yansıtan, düzgün ve tutarlı bir tanımının yapılması; diğeri ise önerilen modelde kullanılması gereken duvar elastisite modülünün değeridir.

2. EŞDEĞER BASINÇ ÇUBUĞU MODELLERİ

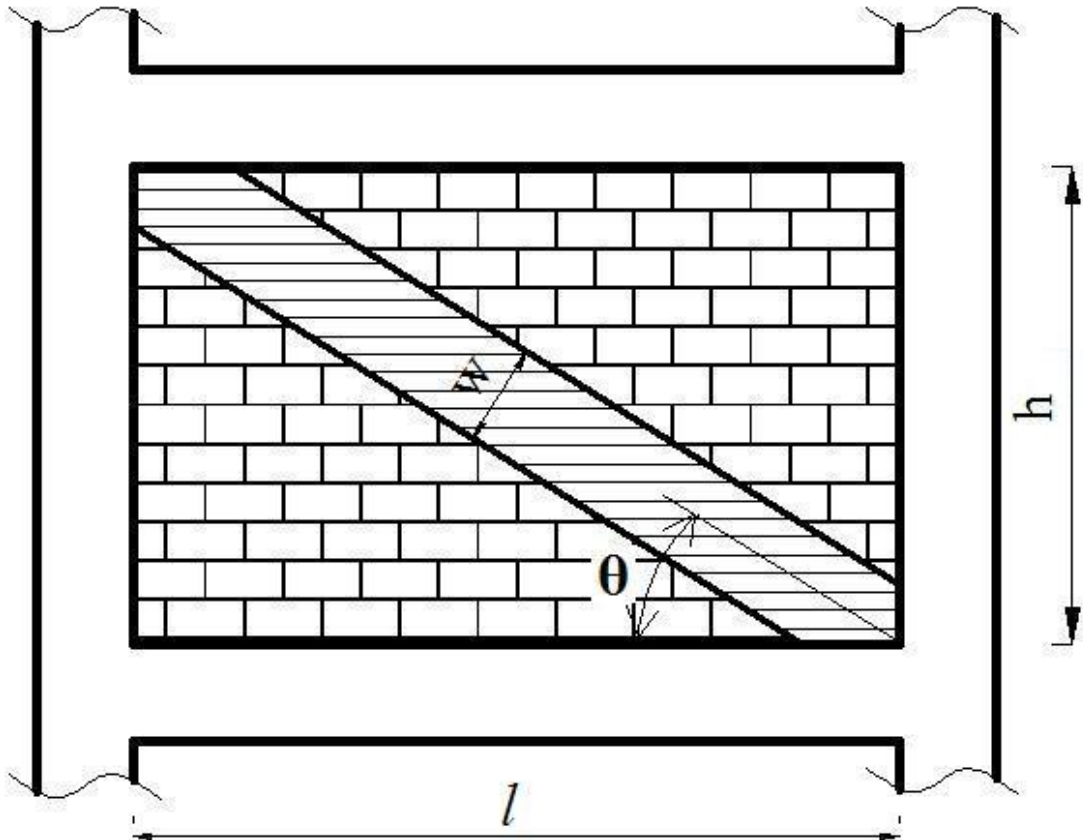
Bu bölümde, nümerik yapı modelinde dolgu duvarların katılımını sağlamak amacı ile eşdeğer basınç çubuğu olarak tanımlanmasını esas alan ve literatürde kabul görmüş bazı modellere değinilecektir.

2.1 P.G. Asteris Tarafından Önerilen Model

Tuğla dolgu duvarlı çerçevelerin göçme davranışlarını temsil etmek üzere Mainstone, R.J. (1971) ile Mainstone, R. J., Weeks, G.A., (1970), (2.1) bağıntısı ile, t kalınlığında ve w genişliğinde eşdeğer diyagonal basınç çubuğu tanımlamışlardır. Bu eşdeğer basınç çubuğunun elastisite modülü, duvarın elastisite modülü ile aynı olarak alınmıştır.

$$w = 0,175 \cdot (\lambda h)^{-0,4} \cdot d \quad (2.1)$$

$$\lambda h = h^4 \sqrt{\frac{E_m \cdot t \cdot \sin 2\theta}{4 \cdot E_f \cdot I_c \cdot h}} \quad (2.2)$$



Şekil 2.1 Eşdeğer basınç çubuğu modeli (Mainstone, R.J., 1971)

Asteris, P.G. (2003), Mainstone, R.J. (1971) tarafından önerilen bağıntısına dayanarak, eşdeğer basınç çubuğunun etkili genişliğini belirlemek üzere (2.3) bağıntısını önermiştir.

$$w = 0,175 \cdot \lambda_{grfk} \cdot (\lambda h)^{-0,4} \cdot d \quad (2.3)$$

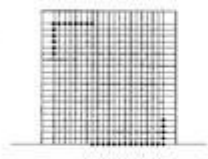
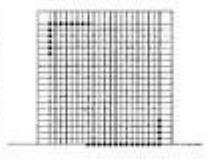
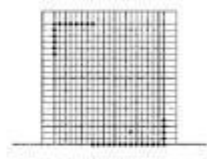
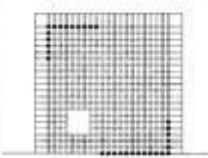
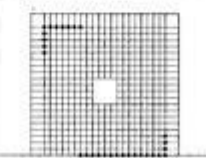
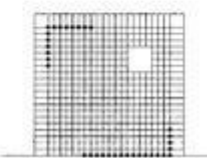
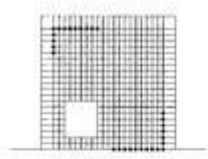
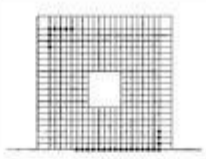
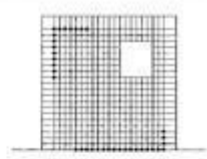
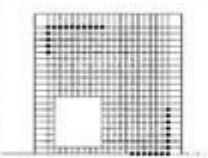
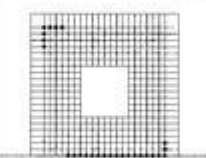
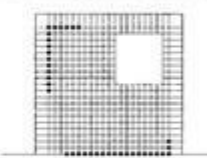
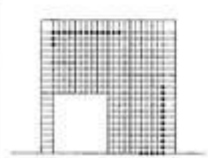
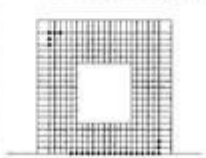
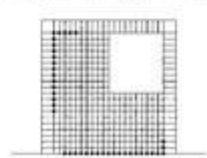
Çalışmalarında, üzerinde pencere veya kapı boşluğu gibi boşluklar olan dolgu duvarlı çerçevelerin yanal rijitliğindeki azalmayı, sonlu elemanlar yöntemi kullanarak incelemiştir. Bu çalışmaya göre:

1. Boşluk oranı arttıkça dolgulu çerçevelerin yanal rijitliği azalır. Bu azalma, duvarsız çerçeve için %87' ye kadar varabilir (%100 boşluklu). %50 açıklığa kadar rijitlik faktörü λ , deneysel olarak sabittir.
2. Çerçeve ile dolgu arasındaki genel hareket, açıklığın duvar üzerindeki yeri basınç diyagonaline yaklaştıkça, olumsuz yönde etkilenir.
3. Dolgu duvarlar çok katlı binalarda, çerçevenin yanal direncine önemli ölçüde katkı sağlar. Özellikle dolgu duvarlı üç katlı çerçeve durumunda, yanal yer değiştirmelerde %77' ye varan azalma sağlanmıştır.
4. Dolgu duvarların varlığı, genelde kolonlara gelen kesme kuvvetlerinde azalmaya sebep olur. Ancak, zayıf kat bulunan dolgu duvarlı çerçevelerde kolonlara gelen kayma kuvvetleri, yalın çerçeve analizleri sonucunda elde edilen değerlerden önemli ölçüde büyüktür.

Asteris, P.G. (2003), duvar üzerindeki boşlukların dolgulu çerçevelerin davranışına yanal rijitliğine olan etkilerini anlamak için aşağıdaki durumları incelemiştir (Şekil 2.2):

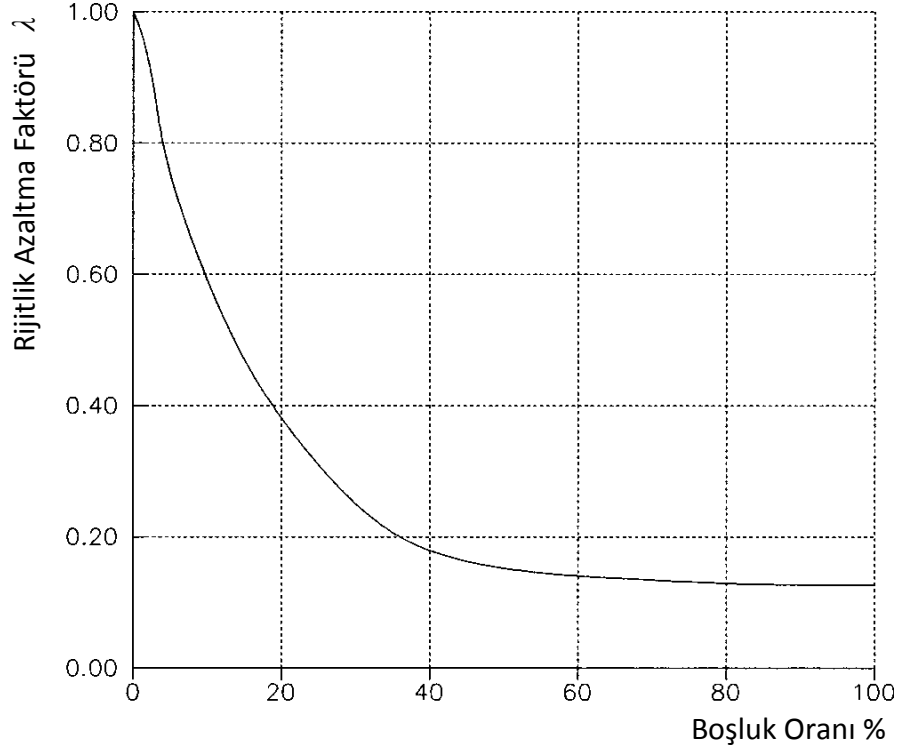
1. Dolgu duvarda boşluk olması ve olmaması durumu;
2. Açıklığın oranı (boşluk alanı/duvar alanı): %4.00, 9.00, 16.00 ve 25.00 oranları;
3. Bu oranlarda açıklığın, basınç diyagonaline göre duvar üzerindeki yeri üç durum olarak incelenmiştir:
 - A durumu: boşluk basınç diyagonalinin alt bölgesinde
 - B durumu: boşluk basınç diyagonalinin üzerinde
 - C durumu: boşluk basınç diyagonalinin üst bölgesinde

Şekil 2.3, B durumu için, boşluk oranı fonksiyonu olarak λ faktörünün değişimini göstermektedir. Şekil 2.4 ise, Asteris P.G. (2003)' in incelediği 3 farklı boşluk durumu için elde edilen λ faktörlerinin değerlerini göstermektedir. Rijitlik faktörünün yüksek değerleri, boşluk diyagonal üzerinde bulunduğu durumda oluşmaktadır.

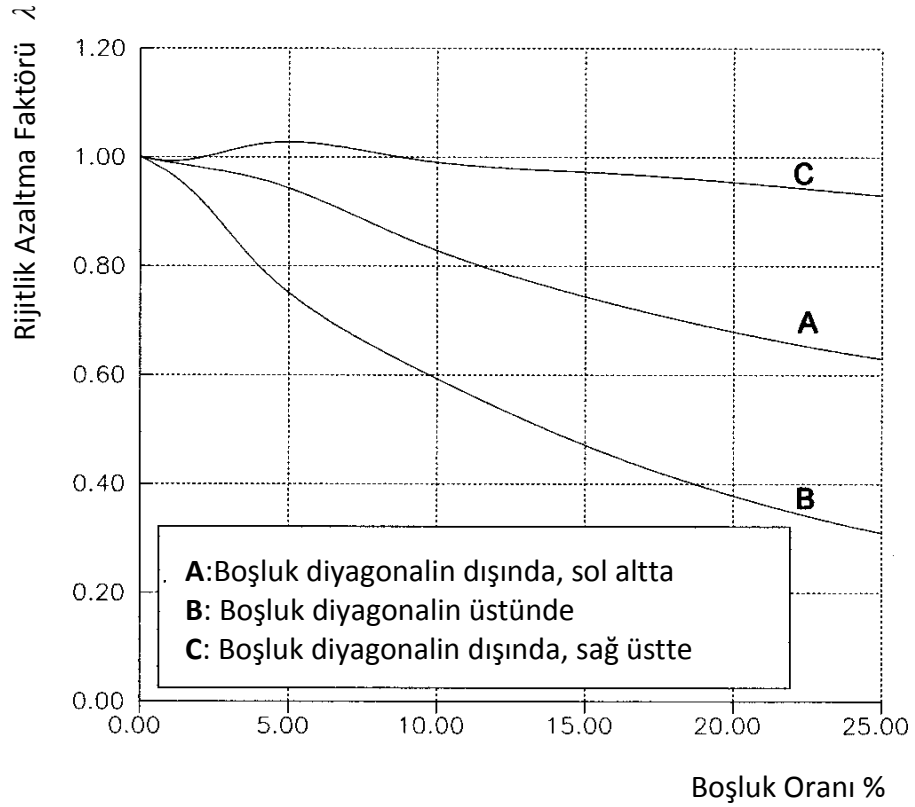
Boşluk Oranı %	Boşluğun Konumu		
	A diyagonalın dışında sol alt bölgesinde	B diyagonalin üzerinde	C diyagonalın dışında sağ üst bölgesinde
0.00			
4.00			
9.00			
16.00			
25.00			

Şekil 2. 1 Duvar üzerindeki boşlukların konumları ve oranları (Asteris, P.G., 2003)

Şekil 2.3 ve Şekil 2.4' ten elde edilen rijitlik azaltma faktörü, diyagonal basınç çubuğunun etkili genişliğini ideale daha yakın belirlemek için kullanılabilir.



Şekil 2. 3 Diyagonalin boşluktan geçmesi durumunda, boşluk oranına bağlı olarak rijitlik azaltma faktörü değerleri grafiği (Asteris,P.G.,2003)



Şekil 2. 4 Boşluğun konumuna göre, boşluk oranına bağlı olarak rijitlik azaltma faktörü değerleri grafiği (Asteris,P.G.,2003)

2.2 A. Hendry Tarafından Önerilen Model

Deprem yükleri etki ettirilen iki katlı dolgulu betonarme çerçeveler üzerinde yapılan küçük ölçekli testlere göre diyagonal çubuk kabulü, yatay davranışı oldukça kabul edilebilir bir şekilde temsil etmektedir. Diyagonal çubukların geometrik özellikleri duvarla kolonlar arasındaki temasın uzunluğunun (α_h) ve duvarla kirişler arasındaki temasın uzunluğunun (α_L) fonksiyonlarıdır.

Dolgunun uzunluğunun dörtte birinden onda birine kadar olabilen temas uzunlukları belirlenmiştir. Holmes, M., (1961) diyagonal çubuğun genişliğinin, dolgunun diyagonal uzunluğunun üçte birine eşit olmasını tavsiye ederken, Yeni Zelanda Şartnamesi (Standart Association of New Zealand, 1990) dolgu uzunluğunun dörtte birine eşit bir genişliği almaktadır.

Kirişlerin, kolonların ve dolgu duvarın göreceli rijitliklerine göre belirlenen α_h ve α_L 'yi hesaplamak için aşağıdaki (2.4) ve (2.5) bağıntıları önerilmektedir (Smith, B.S., 1966; Armhein, J.E., 1985):

$$\alpha_h = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E_f \cdot I_c \cdot h}{E_m \cdot t \cdot \sin 2\theta}} \quad (2.4)$$

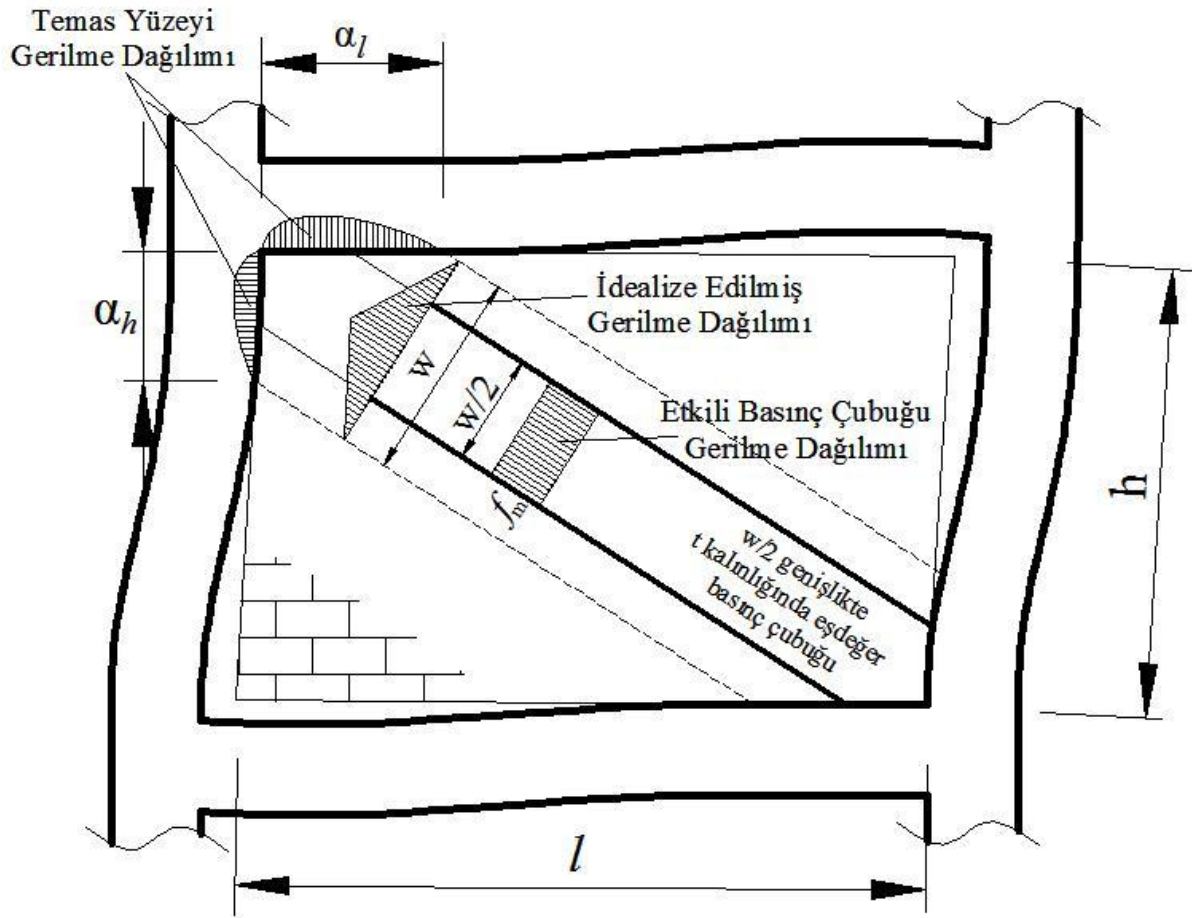
$$\alpha_l = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E_f \cdot I_b \cdot h}{E_m \cdot t \cdot \sin 2\theta}} \quad (2.5)$$

Diyagonal çubuğun 'w/2' genişliği boyunca üçgensel gerilim dağılımı varsayılırsa (Şekil 2.5) eşdeğer diyagonal çubuktaki güç $\frac{1}{2} f_m \cdot w \cdot t$ dir (ortalama basınç gerilmesi f_m , maksimum gerilmenin yarısıdır). Eşdeğer veya etkili çubuk genişliğini (w) belirlemek için (2.6) bağıntısı önerilmiştir (Hendry, A., 1981):

$$\frac{w}{2} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\alpha_h^2 + \alpha_l^2} \quad (2.6)$$

Diyagonal çubukların geometrik ve malzeme özellikleri dikkate alındığında dolgu duvarlı çerçevelerde oluşan rijitliği, iç kuvvetleri ve yer değiştirmeleri belirlemek için eşdeğer diyagonal çubuk kabulüne dayalı çerçeve analizi kullanılabilir.

Burada dikkat edilmesi gereken, Şekil 2.5' te görüldüğü gibi, eşdeğer basınç çubuğu genişliği ($w/2$)' dir. Sonuçta elde edilen, ($w/2$) genişliğinde (t) duvar kalınlığında bir basınç çubuğudur.



Şekil 2. 5 A. Hendry tarafından önerilen modelde eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımı

2.3 W.W. El-Dakhakhni Tarafından Önerilen Model

Saneinejad, A., Hobbs, B., (1995), beton düzlem panellerle dolgu çelik çerçeveler için, çerçeve elemanları arasında oluşan maksimum alan momentlerinin, yaklaşık olarak kolon-kiriş birleşim bölgelerinden temas uzunluklarının uç noktalarında bulunduğunu göstermiştir.

Önerilen dikdörtgen gerilme bloklarının uzunluğu, o yöndeki duvar uzunluğunun 0,4 katını geçmemelidir.

$$\alpha_c \cdot h \leq 0,4 \cdot h' \quad (2.7)$$

$$\alpha_b \cdot l \leq 0,4 \cdot l' \quad (2.8)$$

Burada α , normalleştirilmiş temas uzunluğudur. Kayma gerilmeleri ile çerçeve/dolgu arasındaki ilişki, (2.9) ve (2.10) ifadeleriyle değerlendirilebilir:

$$F_c = \mu \cdot r^2 \cdot C_c \quad (2.9)$$

$$F_b = \mu \cdot C_b \quad (2.10)$$

Burada C ve F , çerçeve/dolgu temas yüzeyindeki normal ve kayma gerilmeleri; r , çerçeve en/boy oranı ($r=h/l < 1,0$); ve μ , çerçeve/dolgu arayüzü sürtünme katsayısıdır. Normalde yanal yük altındaki çerçevenin, basınca çalışan dolgu duvarlarının köşegen doğrultudaki diyagonalinin uçlarında, limit yüke ulaşılmadan plastik mafsallar oluşur. Böylece limit yüke ulaşıldığında (2.11) eşitliği söz konusu olmaktadır:

$$M_A = M_C = M_{pj} \quad (2.11)$$

Burada M_A ve M_C , A ve C köşelerindeki eğilme momentleri; M_{pj} , *düğüm noktası plastik momenti* adı verilen, kirişin, kolonun ya da birleşim yerinin plastik momentlerinden en küçüğüdür.

Limit yükte, dolgu duvarın sınırlı sünekliği, ve dolayısıyla çerçevenin yük altında olmayan köşelerinin sınırlı deformasyonu söz konusu olduğundan, çerçeve elastik bir durumdadır; ve (2.12), (2.13), (2.14) eşitlikleri verilebilir:

$$M_D = M_B = M_j < M_{pj} \quad (2.12)$$

$$M_c = \beta_c \cdot M_{pc} \quad (2.13)$$

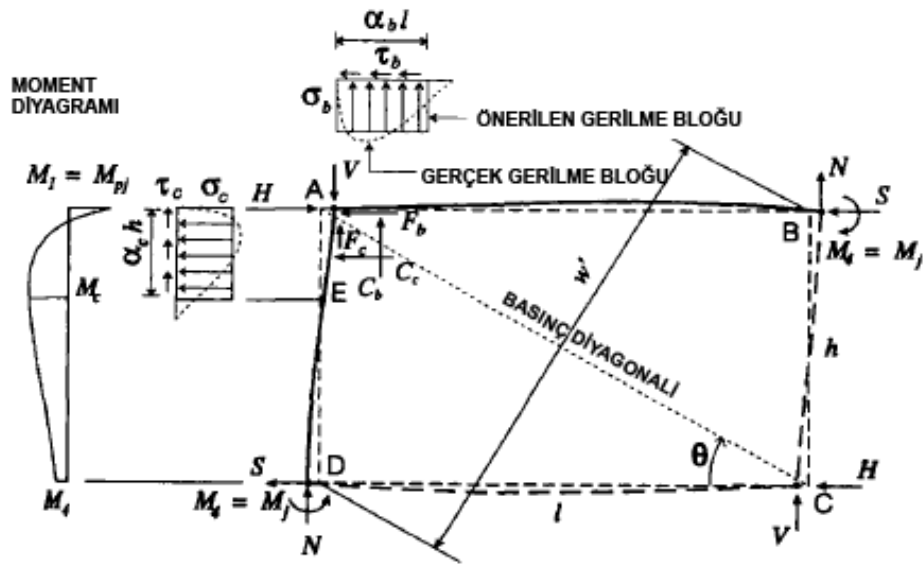
$$M_b = \beta_b \cdot M_{pb} \quad (2.14)$$

Burada M_B ve M_D , yük altında olmayan köşelerdeki eğilme momentleridir, ve M_{pj} bu iki değerden herhangi birini temsil etmektedir. M_c ve M_b , kolonda ve kirişte oluşan maksimum elastik ortalama momentleri; M_{pc} ve M_{pb} , kolonun ve kirişin plastik momentleridir. Farklı özelliklerdeki dolgu duvarlı çelik çerçevelerin doğrusal olmayan sonlu eleman analizleri sonucunda (2.15) ve (2.16) :

$$\beta_c \leq \beta_0 = 0,2 \quad (2.15)$$

$$\beta_b \leq \beta_0 = 0,2 \quad (2.16)$$

olarak belirlenmiştir. Burada β_0 , azaltma faktörü β' nın üst sınır değeridir.



Şekil 2. 6 Çerçeve yük etkileşimi (Saneinejad, A., Hobbs, B., 1995)

Şekil (2.6), yanal yük altındaki basit bir çerçevenin, limit yüke ulaştığında, üst kiriş ve sol kolonundaki gerilmeleri göstermektedir. Hesap kolaylığı açısından, duvarın kenarlarının çerçevenin eksenine ile çakıştığı kabul edilmiştir ($h' \cong h$ ve $l' \cong l$). Çerçeve/duvar arasındaki yük aktarımının önerilen eşdeğer temas uzunlukları boyunca düzgün yayıldığı kabul edilmiştir; $\alpha_c h$ ve $\alpha_b l$. Gerçek temas uzunlukları, önerilen dikdörtgen gerilme bloklarına uyacak şekilde düzenlenmiştir. Çerçeveye etkiyen yüklerin eşitliği şu şekilde yazılabilir:

$$V = H \cdot \tan\theta \quad (2.17)$$

$$H = C_c + F_b + 2S \quad (2.18)$$

$$V = C_b + F_c + 2N \quad (2.19)$$

Çerçeveye etkiyen yüklerin dönme eşitlikleri (2.20)-(2.24) ifadeleri ile yazılabilir:

$$C_c = \sigma_c \cdot t \cdot \alpha_c h \quad (2.20)$$

$$C_b = \sigma_b \cdot t \cdot \alpha_b l \quad (2.21)$$

$$F_c = \tau_c \cdot t \cdot \alpha_c h \quad (2.22)$$

$$F_b = \tau_b \cdot t \cdot \alpha_b l \quad (2.23)$$

$$C_c \left(\frac{h}{2} - \alpha_c \frac{h}{2} \right) - F_c \frac{1}{2} - C_b \left(\frac{1}{2} - \alpha_b \frac{1}{2} \right) + F_b \frac{h}{2} = 0 \quad (2.24)$$

Burada H ve V, dış yükün yatay ve düşey bileşeni; S ve N, kolonun duvara temas etmediği yüzeydeki kayma ve normal gerilmeler; l' , h' ve t , duvarın uzunluğu, yüksekliği ve kalınlığı; θ ise dolgu duvarın diyagonalinin eğim açısıdır.

Kolonun kayma ve normal gerilmelerini bulmak için, A noktasında birleşen kiriş ve kolona etkiyen yüklerin, statik momentleri alınıp denklem çözülürse, (2.25) ve (2.26) ifadeleri elde edilmektedir:

$$S = -0,5 \cdot \sigma_c t \alpha_c^2 h + \frac{(M_{pj} + M_j)}{h} \quad (2.25)$$

$$N = -0,5 \cdot \sigma_b t \alpha_b^2 l + \frac{(M_{pj} + M_j)}{l} \quad (2.26)$$

M_j ' nin, göçme yüküne olan etkisinin %2' den daha az olduğu belirlenmiştir ve ihmal edilebilir.

(2.20),(2.23) ve (2.25) ifadeleri (2.18)' de yerine yazılırsa, göçme yükü (2.27) ile bulunur:

$$H = \sigma_c t (1 - \alpha_c) \alpha_c h + \tau_b t \alpha_b l + 2 \frac{(M_{pj} + M_j)}{h} \quad (2.27)$$

Dolgu limit yüke ulaştığında, yüklü köşelerdeki temas yüzeylerinde oluşan normal ve kayma gerilmeleri kombinasyonu sonucunda göçmeye gider. Chen, W. F., (1982) tarafından tanımlanan Tresca akma koşulu, bu gerilme kombinasyonu için uygundur:

$$\sigma + 3\tau^2 = f_m^2 \quad (2.28)$$

Burada f_c , duvarın etkili basınç dayanımıdır.

Dikdörtgen gerilme blokları kabulüyle, (2.9) ve (2.10) temas gerilmeleri cinsinden de yazılabilir:

$$\tau_c = \mu r^2 \sigma_c \quad (2.29)$$

$$\tau_b = \mu \sigma_b \quad (2.30)$$

(2.28), (2.29) ve (2.30)' un birleştirilmesiyle, temas normal gerilmelerinin üst sınır ifadeleri, (2.31) ve (2.32) elde edilir:

$$\sigma_{c0} = \frac{f_m}{\sqrt{1+3\mu^2 r^4}} \quad (2.31)$$

$$\sigma_{b0} = \frac{f_m}{\sqrt{1+3\mu^2}} \quad (2.32)$$

Karmaşık olsa da, çerçeve/dolgu temas uzunluklarını belirlemek için kesin bir hesap geliştirmek, belki deneme-yanılma yöntemiyle mümkün olabilir. Ancak, Saneinejad,A., Hobbs,B., (1995) doğru bir basitleştirilmiş çözüm önermiştir.

Şekil (2.6)' da görüldüğü gibi, kolonun moment diyagramında, önerilen çerçeve/dolgu ayrılma noktası E' ye doğru oldukça azalma vardır. Bu yüzden, temas uzunluğunun belirlenmesinde ihmal edilebilir. EA boyunca, kolona etkiyen yüklerin statik momenti alınır:

$$M_{pj} + M_c - 0,5(\alpha_c h)^2 \sigma_c t = 0 \quad (2.33)$$

eşitliği elde edilir. Benzer bir ilişki kiriş için de (2.34) eşitliği ile kurulabilir:

$$M_{pj} + M_b - 0,5(\alpha_b l)^2 \sigma_b t = 0 \quad (2.34)$$

(2.13) ve (2.14) ifadelerindeki M_c ve M_b (2.33) ve (2.34)' te yerlerine yazılırsa, temas uzunlukları için (2.35) ve (2.36) ifadelerine ulaşılır:

$$\alpha_c h = \sqrt{\frac{2M_{pj} + 2\beta_c \cdot M_{pc}}{\sigma_c t}} \quad (2.35)$$

$$\alpha_b l = \sqrt{\frac{2M_{pj} + 2\beta_b \cdot M_{pb}}{\sigma_b t}} \quad (2.36)$$

Temas yüzeyinde oluşan normal gerilme üst sınır değere ulaştığında, β_c ya da β_b de üst sınırına ($\beta_0=0,2$ ' te) ulaşır. Buna dayanarak, temas uzunluklarının değişkenlik göstermediği kabulü yapılabilir. Bu üst sınır değerleri yerine koyup, (2.7) ve (2.8) ile birleştirilirse (2.37) ve (2.38) ifadeleri bulunur:

$$\alpha_c h = \sqrt{\frac{2M_{pj} + 2\beta_0 \cdot M_{pc}}{\sigma_{c0} t}} \leq 0,4 \cdot h' \quad (2.37)$$

$$\alpha_b l = \sqrt{\frac{2M_{pj} + 2\beta_0 \cdot M_{pb}}{\sigma_{b0} t}} \leq 0,4 \cdot l' \quad (2.38)$$

Dolgu duvar ortotropik bir malzeme davranışı gösterdiği için, (2.31) ve (2.32) bağıntılarını geliştirmek için f_m yerine, dolgu duvarın yatay basınç dayanımı olan f_{m-0} ve dolgu duvarın düşey basınç dayanımı olan f_{m-90} yazılabilir. Dahası, çelik ile duvar arasındaki sürtünme çok küçük olduğundan (0,3 dolaylarında), ve betonun büzülmesinden dolayı çerçeve-duvar arayüzünde boşluklar oluşabileceğinden, çerçeve ile duvar arasındaki sürtünmeyi ihmal etmek mantıklı bir yaklaşım olacaktır. Liauw, T.C. ve Kwan, K.C., (1982) da buna benzer bir kabul dile getirmişlerdir. Bunun yanı sıra, Flanagan, R.D., (1999)' ın yaptığı bir çalışma, en iyi sonuçların $\mu=0$ kabul edildiğinde alındığını ortaya koymuştur. Ayrıca $r<1$ ve buna bağlı olarak r^4 çok küçük bir değer olduğundan ihmal edilebilir (El-Dakhakhni vd., ,2003).

Yukarıdaki kabuller göz önünde bulundurulursa (2.37) ve (2.38) bağıntıları:

$$\alpha_c h = \sqrt{\frac{2(M_{pj} + 0,2 \cdot M_{pc})}{t f_{m-0}}} \leq 0,4 \cdot h' \quad (2.39)$$

$$\alpha_b l = \sqrt{\frac{2(M_{pj} + 0,2 \cdot M_{pb})}{t f_{m-90}}} \leq 0,4 \cdot l' \quad (2.40)$$

şeklini alır. Şekil (2.6)' daki bölgeleri tanımlamak için plak elemanlar yerine çubuk eleman kullanmak daha pratik bir çözüm olur (Şekil 2.7). Panelin eşdeğer üniform yüklü diyagonal bölgesinin alanının A olduğunu kabul edersek, panel üzerindeki her iki bölgenin alanları $A/2$ olur. Dahası, temas bölgelerindeki gerilim dağılımının üniform olduğu kabul edilerek, her bir bölge yerine, alanları $A_1=1/2(A/2)=A/4$ olan ve temas boylarının başlangıç ve bitim noktalarında bulunan ikişer çubuk kullanılabilir. İki bölgeden gelen, yüklü köşelere bağlı iki çubuğu birleştirerek $A_2=2A_1=A/2$ alanlı bir çubuk elde edilir. Böylece dolgu duvar bu üç çubukla ifade edilmiş olur.

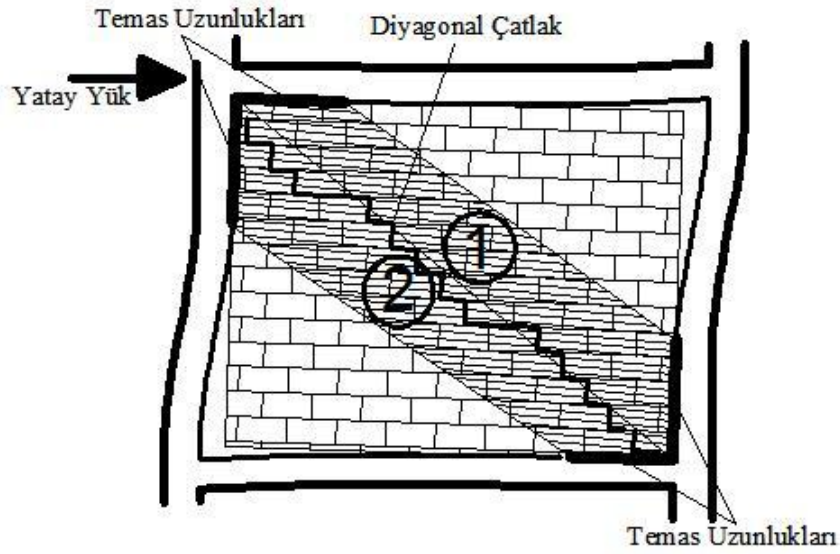
Saneinejad, A., Hobbs, B., (1995) bahsi geçen bölgeyi A_d alanlı tek bir çubukla ifade etmiştir.

$$A_d = \frac{(1-\alpha_c) h t \frac{\sigma'_c}{f'_c} + \alpha_b l t \frac{\tau_b}{f'_c}}{\cos \theta} \quad (2.41)$$

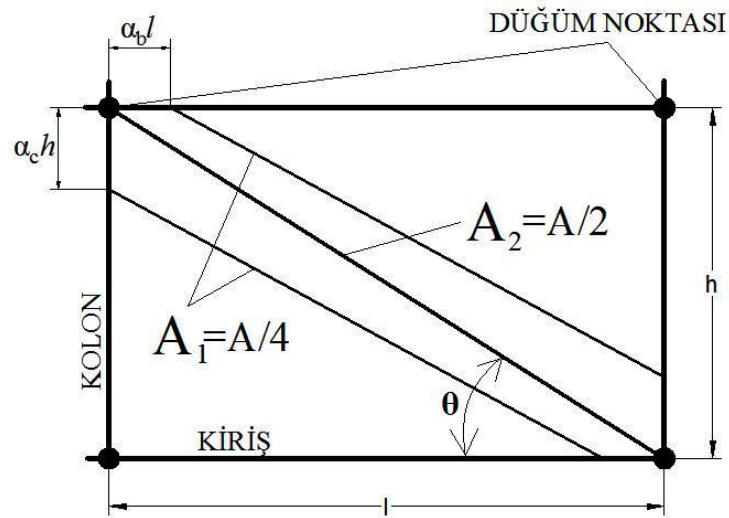
Burada f'_c : uç tasarım limit durumunu hesaba katmak için betonun azaltılmış dayanımı; θ : $\tan^{-1} \theta = (h/l)$, ve τ_b : kiriş-duvar arayüzünde oluşan eşdeğer üniform kayma gerilmesidir, ve $\tau_b = \mu \sigma_b$ şeklinde ifade edilir.

Yine, daha önceki açıklamalara dayanarak, bağıntıdaki τ_b terimi ihmal edilebilir. Göçmeye yakın durum göz önünde bulundurulduğunda, malzeme azaltma katsayıları kullanılmayacağından, f_c değerinin maksimuma ulaşacağı kabulüyle f_{m-0} değerini alacağı söylenebilir. Göçme anında, σ_c değerinin (2.9) ve (2.10)' a göre maksimuma ulaşacağı ve yaklaşık olarak f_{m-0} değerine eşit olacağı söylenebilir. Buna dayanarak toplam diyagonal çubuk alanı şu şekilde ifade edilebilir:

$$A = \frac{(1-\alpha_c)ht}{\cos\theta} \quad (2.42)$$



Şekil 2. 7 Dolgu panelin iki diyagonal bölgeye ayrılması



Şekil 2. 8 Eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımı

3. MEVCUT ÜÇ BOYUTLU BİNA MODELİ

Dördüncü bölümde, üç boyutta analize geçmeden önce, yapının herhangi bir aksındaki bir çerçeve ele alınarak ikinci bölümde verilen yöntemler uygulanacaktır. Sadece bir fikir vermesi açısından yapılacak olan bu analizle, kat yer değiştirmeleri ile serbest titreşim periyotları karşılaştırılacaktır. Bu bölümde ise mevcut yapının teknik bilgileri verilmiş, seçilen çerçevenin detaylandırılması yapılmıştır. Mevcut binaya (Şekil 3.1) ait mimari ve statik planlar, ekler bölümünde verilmiştir.



Şekil 3. 1 Mevcut bina

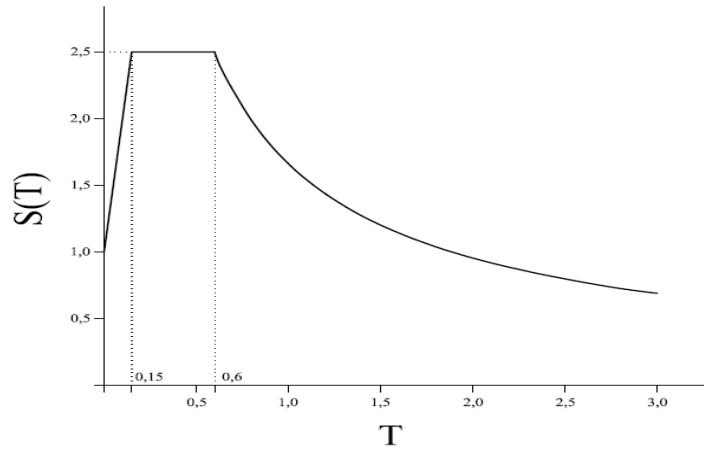
3.1 A-A Aksı Çerçeve Bilgileri

Analizlerde kullanılacak örnek bina, taşıyıcı sistemi betonarme karkas, temeli radye olarak tasarlanmıştır. Bodrum katın ön ve yan cepheleri perdedir. Yapının bodrum kat perdelerinde bulunan boşluklar, $\sqrt{F_{boşluk}/\bar{F}} \leq 0,4$ (Doran, B., 2001) koşulu sağlandığı için ihmal edilmiştir.

Döşemelerde hareketli yük $2,5 \text{ kN/m}^2$ ve ölü yük 5 kN/m^2 olarak alınmıştır. Duvar özellikleri; kalınlığı (t) 10 cm , birim hacim ağırlığı 6 kN/m^3 , elastisite modülü (E_m) 4500 MPa , basınç dayanımı (f_c) $6,6 \text{ MPa}$ olarak alınmıştır. Mevcut yapıda kullanılan duvar malzemesi ile ilgili gerekli bilgilere ulaşamadığı için duvar elastisite modülü ile basınç dayanımı Erdem, I., (2003) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada kullanılan duvar elastisite modülü ve basınç dayanımı, harç doğrultusunda ve harç doğrultusuna dik doğrultudaki değerlerin ortalaması olarak kullanılmıştır. Duvar yükü kirişlere düzgün yayılı yük olarak etki ettirilmiştir.

Binanın yapıldığı zemin C grubu Z3 sınıfı olup, karakteristik periyotlar $T_A = 0,15$ $T_B = 0,6$ ’ dir (Şekil 3.2).

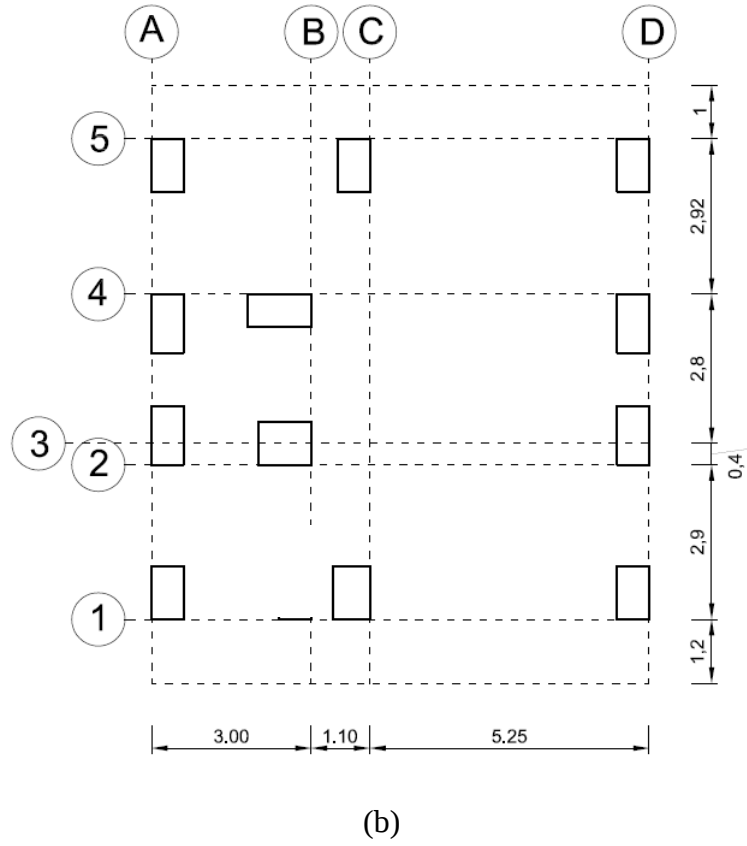
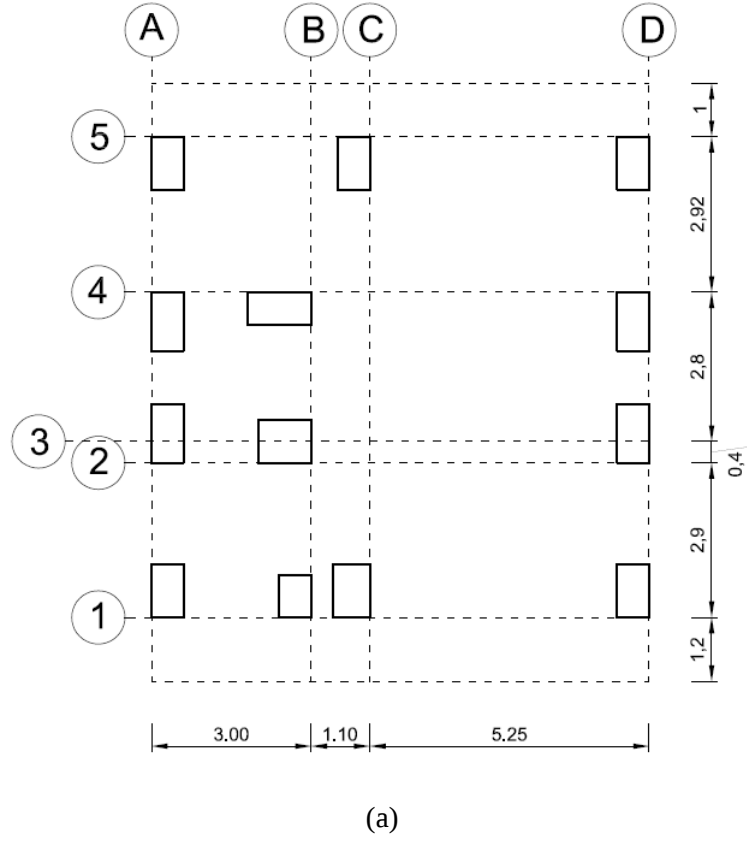
SAP2000 ver.14’ te A-A aksına (Şekil 3.3-3.4) rastlayan kirişlere ait kesitlerin L kesit olarak tanımlanması durumunda, modeli doğru oluşturabilmek için eleman yerel eksenlerini döndürmek gerekmektedir. Bu da analiz sonuçlarını değerlendirirken karışıklığa sebep olmaktadır. Böyle bir karışıklığa sebep vermemek için modellemede, etkili tabla genişliği değiştirilmeden, L kesitli kirişlerin tümü T kesit olarak tanımlanmıştır (Çizelge3.1).



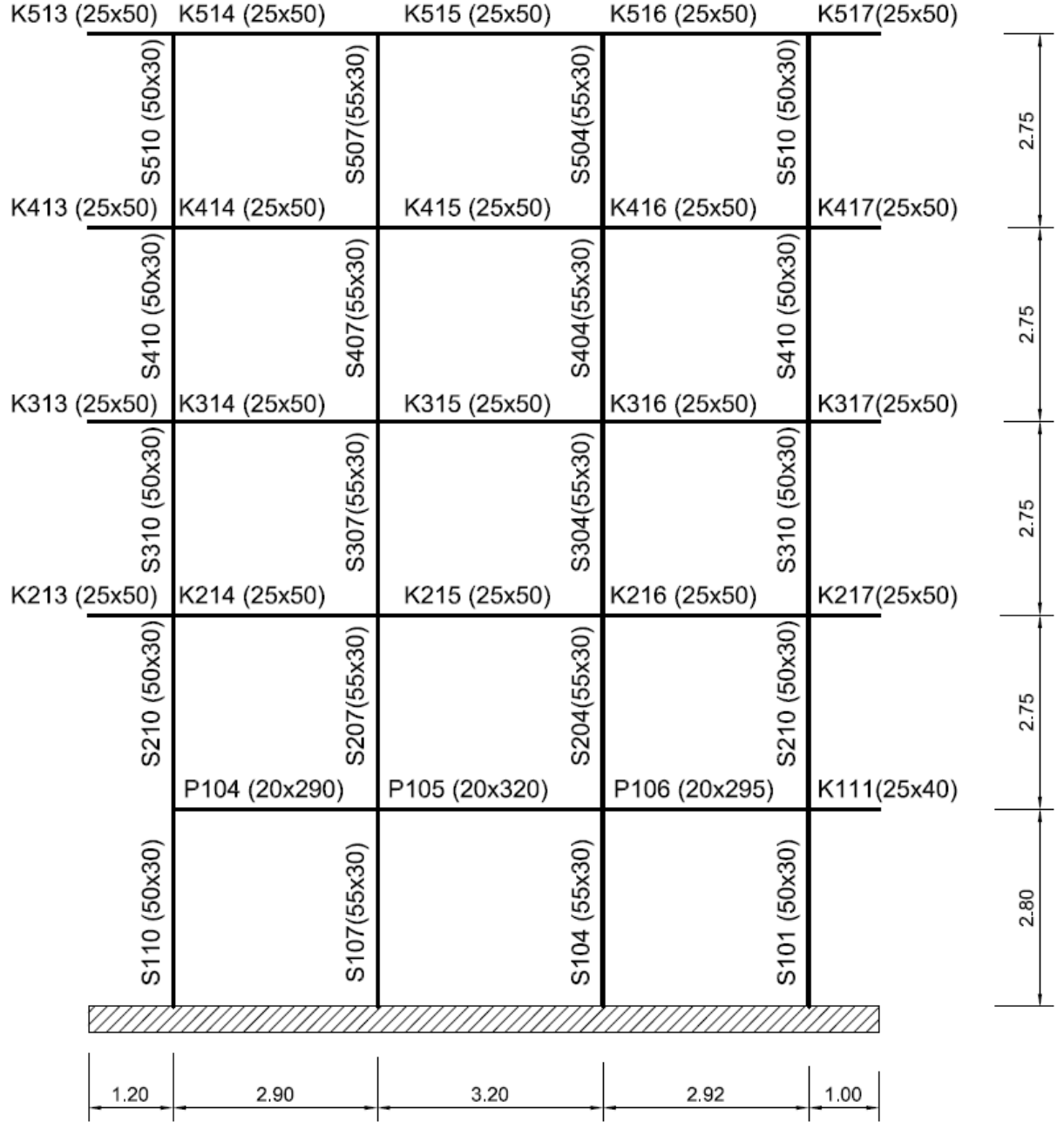
Şekil 3. 2 Dinamik hesapta kullanılan elastik tasarım spektrum eğrisi

Çizelge 3. 1 Kiriş etkili tabla genişlikleri (B:bodrum kat, Z:zemin kat)

Kiriş No	Yeri	Benzer Kat	Kiriş Tipi	Kiriş Açıklığı l(cm)	Kiriş Genişliği b _w (cm)	Etkili Tabla Genişliği b(cm)
101	B	-	Lsürekli kenar	380	25	55,4
102	B	-	Lsürekli kenar	525	25	67
103	B	-	Tsürekli kenar	380	40	100,8
104	B	-	Tsürekli kenar	525	40	124
105	B	Z-1-2-3	Lsürekli kenar	260	25	45,8
106	B	Z-1-2-3	Tsürekli kenar	650	30	134
107	B	Z-1-2-3	Tsürekli kenar	260	25	66,6
108	B	Z-1-2-3	Tsürekli kenar	645	25	128,2
109	B	-	Lsürekli kenar	380	40	70,4
110	B	-	Lsürekli kenar	525	40	82
(A Aksisi)111	B	-	Lkonsol	125	25	43,75
112	B	Z-1-2-3	Lsüreksiz	525	25	77,5
113	B	Z-1-2-3	Tsüreksiz	125	25	50
114	B	-	Tsüreksiz	290	25	83
115	B	-	Tkonsol	125	25	62,5
116	B	-	Tsüreksiz	292	25	83,4
117	B	-	Lkonsol	125	25	43,75
201	Z	1-2-3	Lsürekli kenar	380	25	55,4
202	Z	1-2-3	Lsürekli kenar	525	25	67
203	Z	1-2	Tsürekli kenar	380	40	100,8
204	Z	1-2	Tsürekli kenar	525	40	124
209	Z	1-2	Tsürekli kenar	380	40	100,8
210	Z	1-2	Tsürekli kenar	525	40	124
211	Z	1-2-3	Lsürekli kenar	380	25	55,4
(A Aksisi)213	Z	1-2-3	Lkonsol	125	25	43,75
(A Aksisi)214	Z	1-2-3	Lsürekli kenar	290	25	48,2
(A Aksisi)215	Z	1-2-3	Lsürekli iç	270	25	41,2
(A Aksisi)216	Z	1-2-3	Lsürekli kenar	290	25	48,2
(A Aksisi)217	Z	1-2-3	Lkonsol	125	25	43,75
218	Z	1-2-3	Lsüreksiz	285	25	53,5
219	Z	1-2-3	Tkonsol	125	25	62,5
220	Z	1-2-3	Tsürekli kenar	290	25	71,4
221	Z	1-2-3	Tsürekli kenar	290	25	71,4
222	Z	1-2-3	Tkonsol	125	25	62,5
223	Z	1-2-3	Tsüreksiz	280	25	81
224	Z	1-2-3	Lkonsol	125	25	43,75
225	Z	1-2-3	Lsürekli kenar	290	25	48,2
226	Z	1-2-3	Lsürekli iç	270	25	41,2
227	Z	1-2-3	Lsürekli kenar	290	25	48,2
228	Z	1-2-3	Lkonsol	125	25	43,75
503	3	-	Tsürekli kenar	380	25	85,8
504	3	-	Tsürekli kenar	525	25	109
509	3	-	Tsürekli kenar	380	25	85,8
510	3	-	Tsürekli kenar	525	25	109



Şekil 3. 3 Akslar, bodrum kat (a) ve diğer katlardaki (b) kolonların yerleşimi

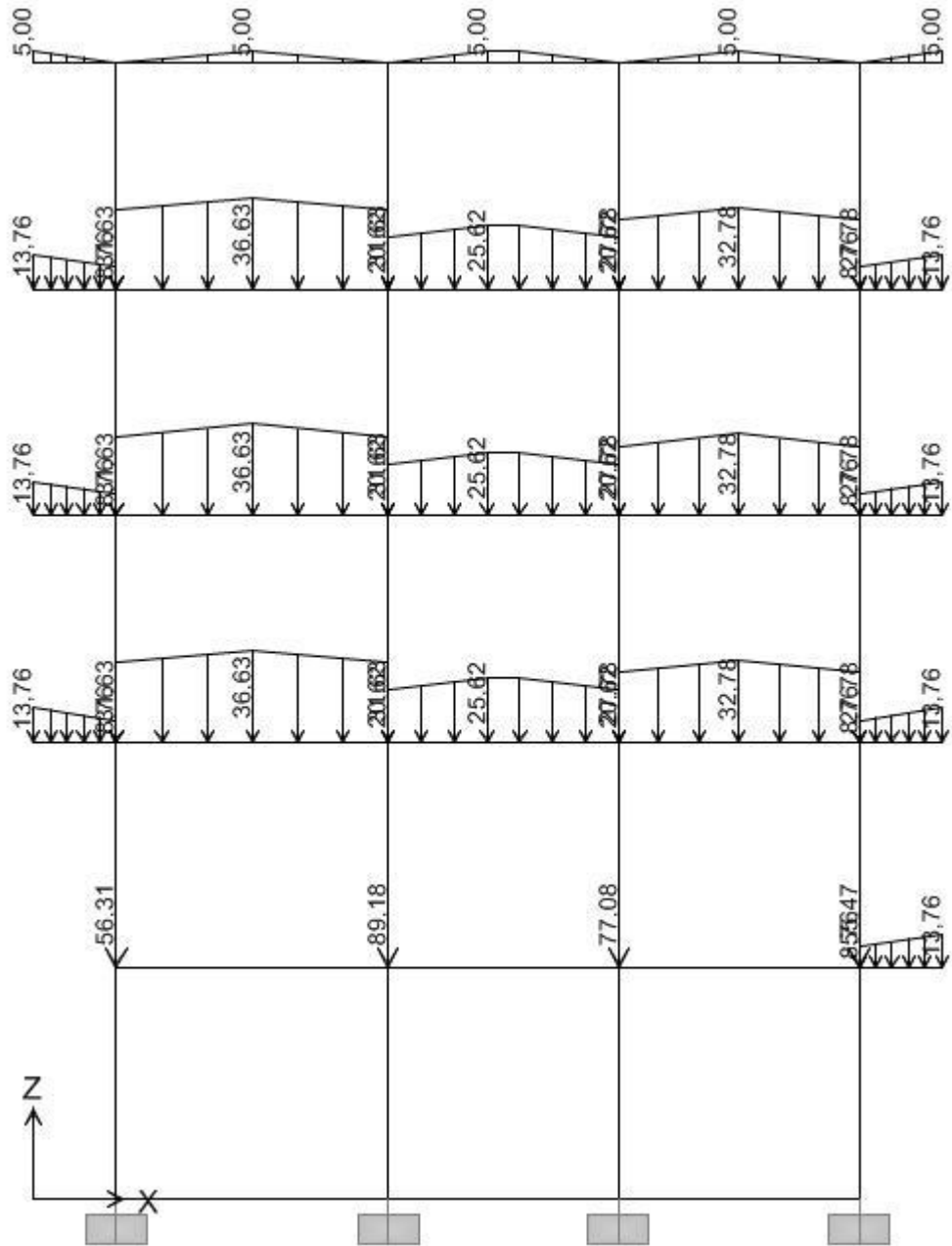


Şekil 3. 4 A-A aksı düşey kesit

3.2 Düşey Yükler

3.2.1 Sabit (ölü) Yük

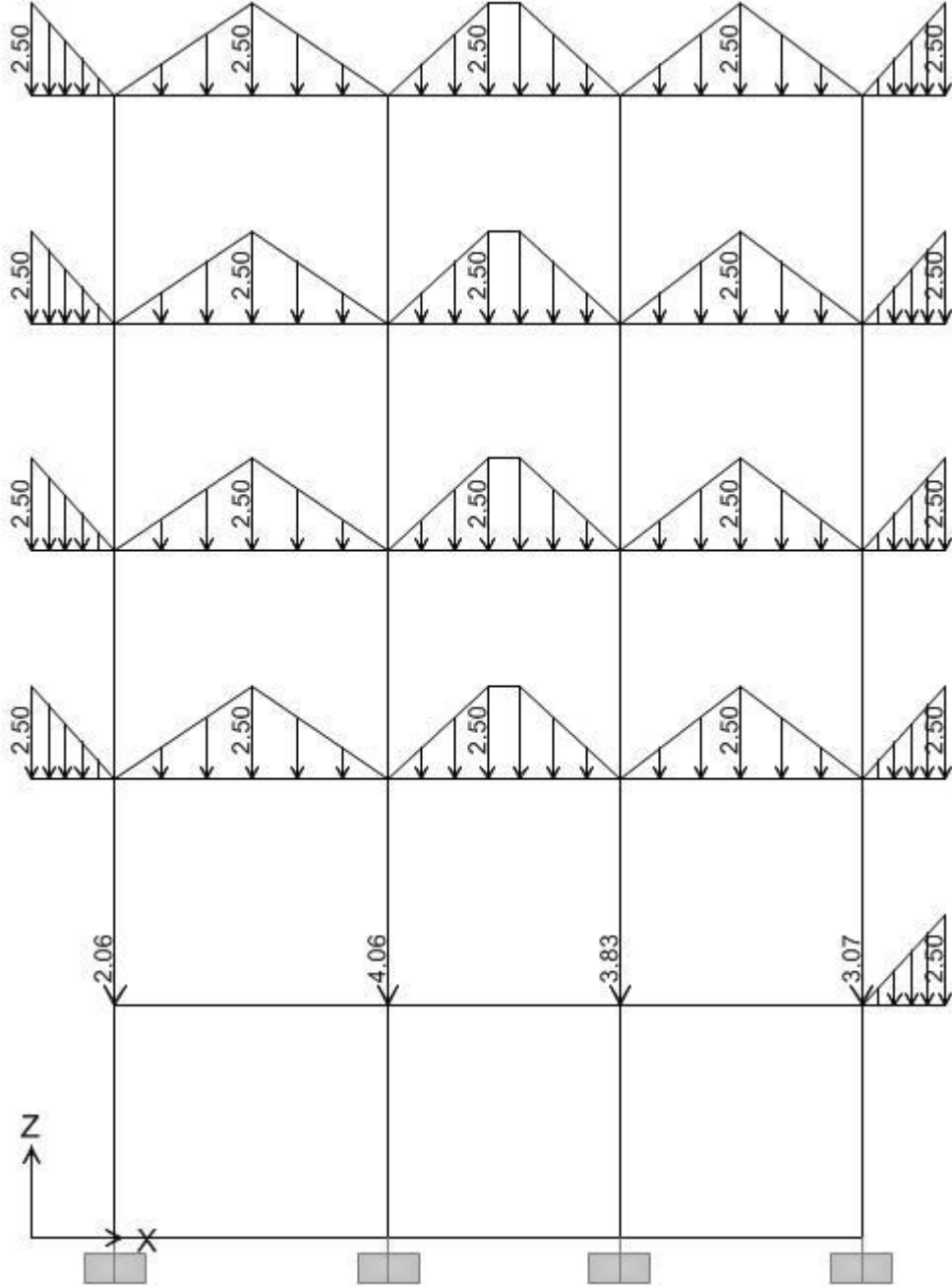
Ölü yükler, eleman ağırlıklarından ve duvar yüklerden oluşmaktadır. SAP2000 ver.14 kesit ve malzeme özellikleri girilen elemanların ağırlıklarını kendi dikkate alır. Şekil 3.5'te görülen yükler döşemelerden mesnetlendikleri kirişlere aktarılan üçgen ve trapez yayılı yükler ile üzerinde bulunduğu kirişlere düzgün yayılı olarak etkiyen duvar yüklerinin toplamı görülmektedir. Bodrum kat perde ile çevrili olduğundan, döşeme ve duvar yükleri kolonlara tekil yük olarak dağıtılmıştır.



Şekil 3. 5 A-A aksı sabit yükleri (kN/m)

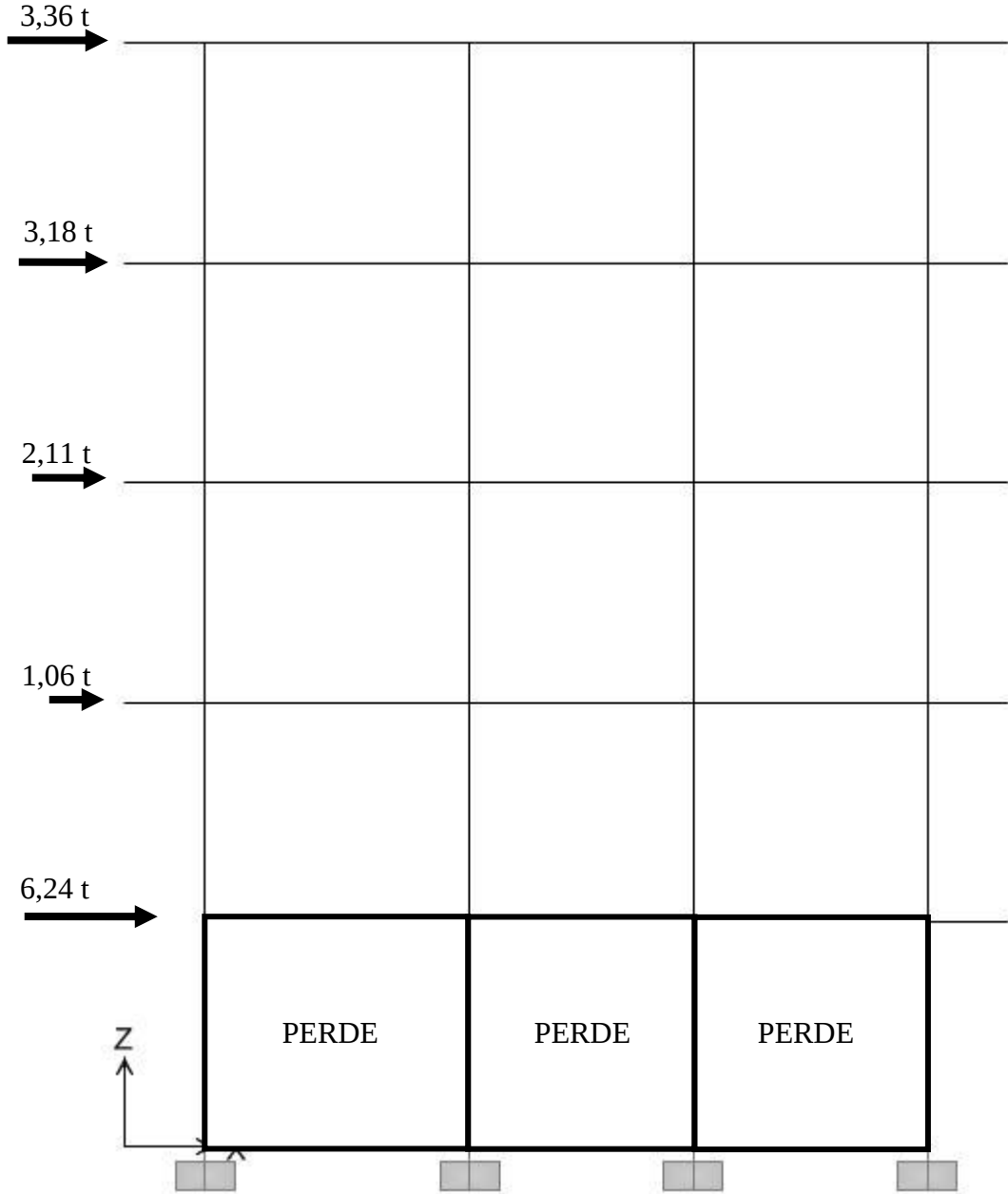
3.2.2 Hareketli Yük

Döşemelerden gelen hareketli yükler de sabit yükler gibi kirişlere etki ettirilmiştir (Şekil 3.6). Hareketli yük, kütle hesabına 0,3 katsayısı ile küçültülerek katılmaktadır.



Şekil 3. 6 A-A aksı hareketli yükleri (kN/m)

Sonuç olarak, Şekil (3.7)'deki yük alanına göre hesabı yapılacak olan çerçeveye gelen eşdeğer deprem kuvveti (Şekil 3.8)'deki gibidir. Ayrıca bodrum kat perde ile çevrili olduğundan, o kata gelen yatay yük daha büyük olmuştur.



Şekil 3. 8 Katlara etkiyen yatay yukler

4. EŞDEĞER BASINÇ ÇUBUĞU MODELLERİNİN ÖRNEK DÜZLEMSEL BİNA ÇERÇEVELERİ İÇİN KARŞILAŞTIRILMASI

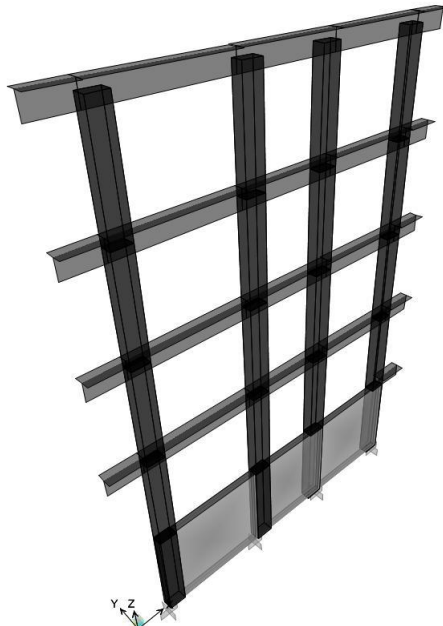
Bu bölümde, üçüncü bölümde bilgileri verilen yapının seçilen A-A aksındaki düzlemsel bina çerçevesinde, ikinci bölümde verilen eşdeğer basınç çubuğu modelleme teknikleri irdelenmiştir. Bunun için; çerçeve önce dolgu duvarsız olarak modellenmiş, daha sonra her üç yöntem için eşdeğer basınç çubuğu kesitleri belirlenerek, dolgu duvarlı olarak her üç yöntem için örnek 2 boyutlu düzlemsel bina çerçevesi yatay ve düşey yükler etkisinde SAP2000 ver.14' te modellenmiştir. Yöntemlerin dolgu duvarsız çerçeveden ve birbirlerinden ne kadar farklı sonuçlar verdiğini belirleyebilmek için, çerçevelere aynı yük uygulanmıştır. Sonuçta, dört ayrı durum için çerçevenin kat yer değiştirmeleri ile doğal titreşim periyotları elde edilmiş, ayrı ayrı Çizelge 4.1-4.4 ve toplu olarak Çizelge 4.5'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

4.1 A-A Aksı Çerçeve Analizi

Çerçeve analizi “dolgu duvarsız” ve “dolgu duvarlı” olarak iki başlıkta incelenecektir. Dolgu duvarlı analizde ise duvar elemanlar, daha önce bahsedilen üç farklı eşdeğer çubuk modeli ile yapıya ait nümerik modele dahil edilecektir.

4.1.1 Dolgu Duvarsız Çerçeve Analizi

Örnek bina çerçevesi, dolgu duvarın yapı davranışına etkisini görebilmek amacıyla öncelikle dolgu duvarsız modellenmiş ve Bölüm 3'de tarif edilen düşey ve yatay yükler etkisinde analizi yapılmıştır (Şekil 4.1). Analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4. 1 Dolgu duvarsız A-A aksı çerçevesi

Çizelge 4. 1 Dolgu duvarsız çerçevenin deplasman ve periyot değerleri

	Dolgu duvarsız Çerçeve	
KAT	$\Delta x(cm)$	$T_1(s)$
3	0,376	0,18
2	0,318	
1	0,221	
Z	0,099	
B	0,006	

4.1.2 Dolgu Duvarlı Çerçeve Analizi

Modellerde kullanılan çubuklar iki ucu mafsallı, kütsüz ve sadece basınca çalışacak şekilde, bir yönden zorlamaya maruz kalmışlardır.

4.1.2.1 P.G. Asteris Tarafından Önerilen Model ile Düzlemsel Çerçeve Analizi

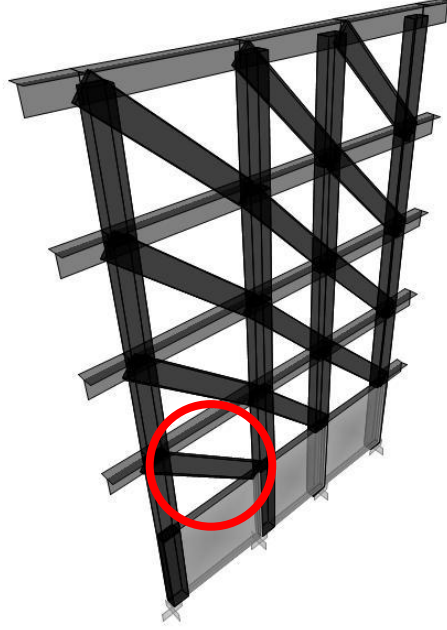
Eşdeğer basınç çubuklarının (Şekil 4.2) boyutlandırılabilmesi için gerekli olan veriler aşağıdaki gibidir:

E_m	:	$4,5 \cdot 10^5$	t/m^2
E_f	:	$2,85 \cdot 10^6$	t/m^2
t	:	0,1	m
b_c	:	0,3	m
h_c	:	0,5	m
h	:	$2,75 - 0,5 = 2,25$	m
d	:	3,36	m
l	:	$2,9 - 0,25 - 0,25 = 2,4$	m
λ_{grfk}	:	1 → boşluk yok	

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{2,25}{2,4} \right) = 43,15^\circ$$

$$\lambda h = 2,25^4 \sqrt{\frac{4,5 \cdot 10^5 \cdot 0,1 \cdot \sin(2 \cdot 43,15)}{4 \cdot 2,85 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,3 \cdot 0,5^3}{12} \cdot 2,25}} = 1,94$$

$$w = 0,175 \cdot 1 \cdot (1,94)^{-0,4} \cdot 3,29 = 0,44m$$



Şekil 4. 2 P.G. Asteris modeli ile belirlenen eşdeğer basınç çubukları ve örnek çerçeve

Çizelge 4. 2 P.G. Asteris modeli kullanılarak belirlenen eşdeğer basınç çubuklu çerçevenin deplasman ve periyot değerleri

	Asteris	
KAT	$\Delta x(cm)$	$T_1(s)$
3	0,156	0,12
2	0,130	
1	0,090	
Z	0,043	
B	0,006	

4.1.2.2 A. Hendry Tarafından Önerilen Model ile Düzlemsel Çerçeve Analizi

Eşdeğer basınç çubuklarının (Şekil 4.3) boyutlandırılabilmesi için gerekli olan veriler aşağıdaki gibidir:

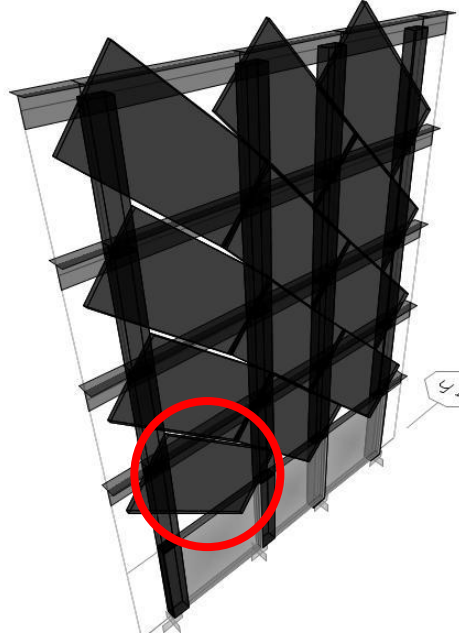
E_m	:	$4,5 \cdot 10^5$	t/m^2
E_f	:	$2,85 \cdot 10^6$	t/m^2
t	:	0,1	m
b_c	:	0,3	m
h_c	:	0,5	m
b_b	:	0,25	m
h_b	:	0,5	m
h	:	2,25	m

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{2,25}{2,4} \right) = 43,15^\circ$$

$$\alpha_h = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 2,85 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,3 \cdot 0,5^3}{12} \cdot 2,25}{4,5 \cdot 10^5 \cdot 0,1 \cdot \sin(2 \cdot 43,15)}} = 1,81m$$

$$\alpha_l = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 2,85 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,25 \cdot 0,5^3}{12} \cdot 2,25}{4,5 \cdot 10^5 \cdot 0,1 \cdot \sin(2 \cdot 37,81)}} = 3,47m$$

$$\frac{w}{2} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{1,81^2 + 3,47^2} = 1,96m$$



Şekil 4. 3 A. Hendry modeli ile belirlenen eşdeğer basınç çubukları ve örnek çerçeve

Çizelge 4. 3 A. Hendry modeli kullanılarak belirlenen eşdeğer basınç çubuklu çerçevenin deplasman ve periyot değerleri

	Hendry	
KAT	$\Delta x(cm)$	$T_1(s)$
3	0,056	0,08
2	0,043	
1	0,028	
Z	0,013	
B	0,005	

4.1.2.3 W.W. El-Dakhkhni Tarafından Önerilen Model ile Düzlemsel Çerçeve Analizi

Eşdeğer basınç çubuklarının (Şekil 4.4) boyutlandırılabilmesi için gerekli olan veriler aşağıdaki gibidir:

M_{pj}	: 10,50	tm
M_{pc}	: 15,10	tm
M_{pb}	: 10,64	tm
t	: 0,10	m
h	: 2,25	m
l	: 2,40	m
f_m	: 660,00	t/m^2
r	: $2,25/2,9=0,94$	
σ_c	: 495,74	t/m^2
σ_b	: 660,00	t/m^2
$\alpha_c h$	: 0,74	m
$\alpha_b l$	: 0,62	m
A	: 0,07	m^2
A_1	: 0,02	m^2
A_2	: 0,03	m^2

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{2,25}{2,4} \right) = 43,15^\circ$$

$$\sigma_c = \frac{660}{\sqrt{1 + 3 \cdot 0,94^4}} = 660t/m^2$$

$$\sigma_b = \frac{660}{\sqrt{1 + 3 \cdot 0,94^2}} = 660t/m^2$$

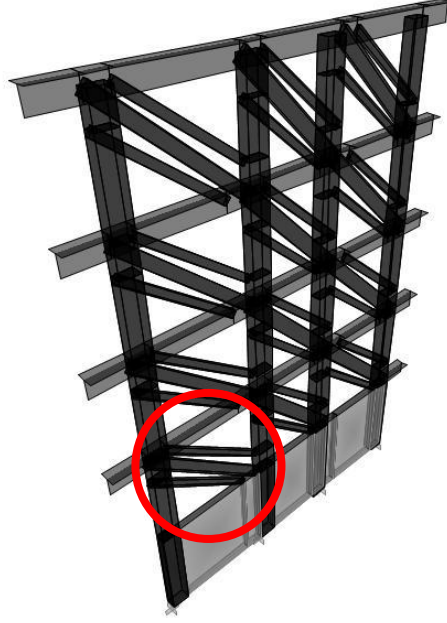
$$\alpha_c h = \sqrt{\frac{(10,5 + 0,2 \cdot 15,1)}{660 \cdot 0,1}} = 0,74m \leq 0,4h = 0,9m$$

$$\alpha_b l = \sqrt{\frac{(10,5 + 0,2 \cdot 10,64)}{660 \cdot 0,1}} = 0,62m \leq 0,4l = 0,96m$$

$$A = \frac{\left(1 - \frac{0,74}{2,4}\right) \cdot 0,74 \cdot 0,1}{\cos(43,15)} = 0,07m^2$$

$$A_1 = \frac{0,07}{4} = 0,02m^2$$

$$A_2 = \frac{0,07}{2} = 0,03m^2$$



Şekil 4. 4 W.W. El-Dakhakni modeli ile belirlenen eşdeğer basınç çubukları ve örnek çerçeve

Çizelge 4. 4 W.W. El-Dakhakni modeli kullanılarak belirlenen basınç çubuklu çerçevenin deplasman ve periyot değerleri

	El-Dakhakni	
KAT	$\Delta x(cm)$	$T_1(s)$
3	0.143	0.12
2	0.120	
1	0.085	
Z	0.044	
B	0.006	

4.2 Düzlemsel Çerçeve Analizlerinin Karşılaştırılması

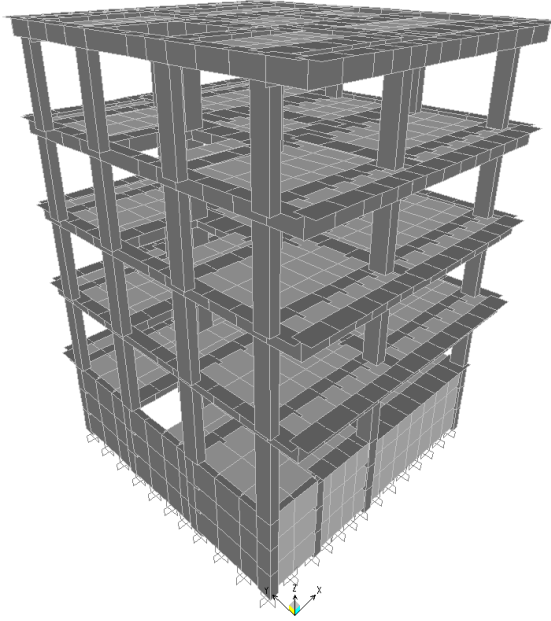
Çizelge 4. 5 Farklı yöntemlerle oluşturulmuş dolgu duvar modelli çerçevenin analiz sonuçlarının karşılaştırılması

	Dolgu Duvarsız Çerçeve		Asteris		Hendry		El-Dakhakni	
KAT	$\Delta x(cm)$	$T_1(s)$	$\Delta x(cm)$	$T_1(s)$	$\Delta x(cm)$	$T_1(s)$	$\Delta x(cm)$	$T_1(s)$
3	0.376	0.18	0.156	0.12	0.056	0.08	0.143	0.12
2	0.318		0.130		0.043		0.120	
1	0.221		0.090		0.028		0.085	
Z	0.099		0.043		0.013		0.044	
B	0.006		0.006		0.005		0.006	

5. EŞDEĞER BASINÇ ÇUBUĞU MODELLERİNİN MEVCUT ÜÇ BOYUTLU BİNA İÇİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde, Bölüm 3’de bahsi geçen mevcut yapının üç boyutlu nümerik modeli dolgu duvarsız (Şekil 5.1) ve dolgu duvarlı (Şekil 5.2-5.7) olmak üzere iki durum için ayrı ayrı oluşturulmuş ve dolgu duvarlar nümerik modelde üç farklı şekilde dikkate alınmıştır. Gerçek çözüme daha fazla yaklaşabilmek; yükleri daha gerçekçi dağıtabilmek için döşeme, kiriş ve perde elemanlar ile komşu olan bodrum kat kolonları, sonlu elemanlara bölünerek modellenmiştir. Ayrıca döşeme elemanları da modellendiği için 5 kN/m^2 değerinde olan döşeme yükü, elemanın zati ağırlığı çıkarılarak $2,64 \text{ kN/m}^2$ değerinde üniform yayılı olarak döşemelere etki ettirilmiştir. Analiz sonuçları ayrı ayrı Çizelge 5.1-5.4 ve toplu olarak Çizelge 5.5’de verilmiştir.

5.1 Dolgu Duvarsız Yapının Analizi

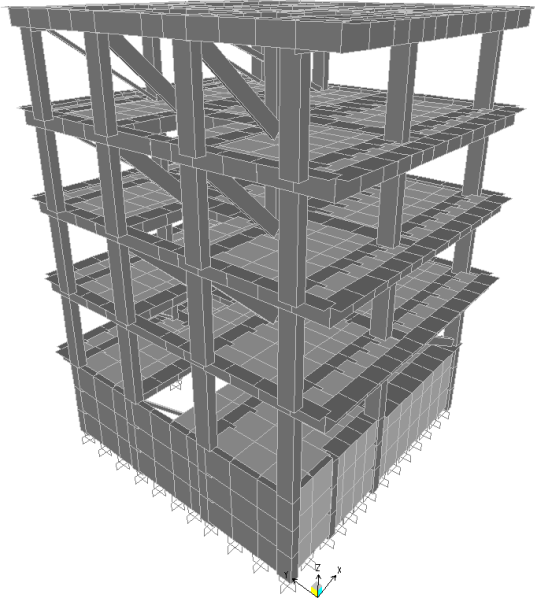


Şekil 5. 1 Analizi yapılan beş katlı mevcut yapının üç boyutlu görünümü

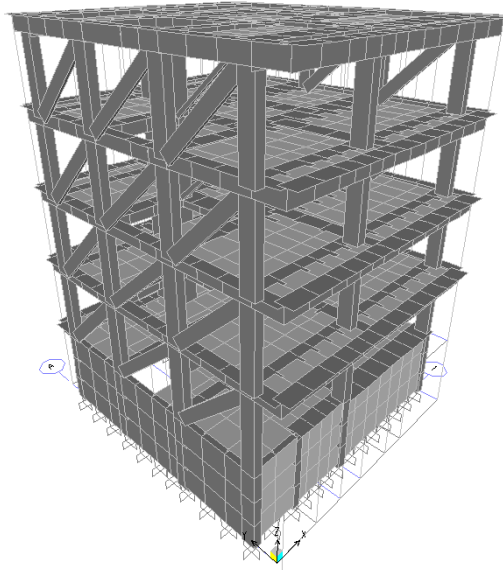
Çizelge 5. 1 Uzaysal analiz sonucunda bulunan dolgu duvarsız yapının deplasman ve periyot değerleri

	Dolgu Duvarsız			
	X		Y	
KAT	$T_x(s)$	$\Delta x(cm)$	$T_y(s)$	$\Delta y(cm)$
3	0.499	0.985	0.499	0.632
2		0.854		0.542
1		0.615		0.388
Z		0.301		0.189
B		0.014		0.006

5.2 P.G. Asteris Tarafından Önerilen Model ile 3B Yapı Analizi



Şekil 5. 2 Dolgu duvarlı eşdeğer bina modeli-X yönü duvarları (P.G. Asteris Modeli)

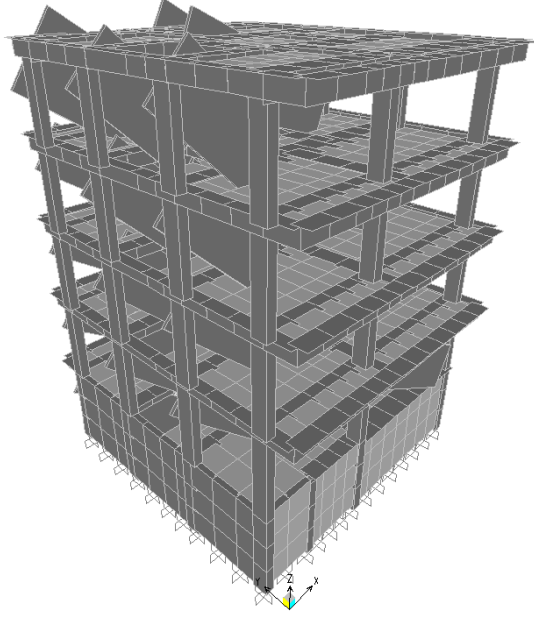


Şekil 5. 3 Dolgu duvarlı eşdeğer bina modeli-Y yönü duvarları (P.G. Asteris Modeli)

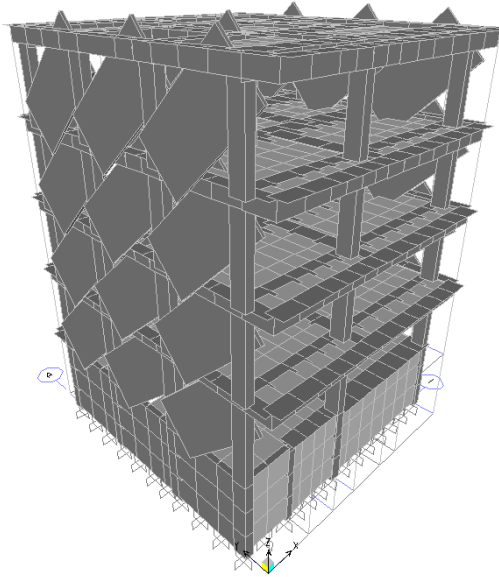
Çizelge 5. 2 P.G. Asteris modeli kullanılarak belirlenen eşdeğer basınç çubuklu yapının deplasman ve periyot değerleri

	Asteris			
	X		Y	
KAT	$T_x(s)$	$\Delta x(cm)$	$T_y(s)$	$\Delta y(cm)$
3	0.412	0.672	0.499	0.395
2		0.577		0.338
1		0.417		0.244
Z		0.210		0.122
B		0.012		0.005

5.3 A. Hendry Tarafından Önerilen Model ile 3B Yapı Analizi



Şekil 5. 4 Dolgu duvarlı eşdeğer bina modeli-X yönü duvarları (A. Hendry Modeli)

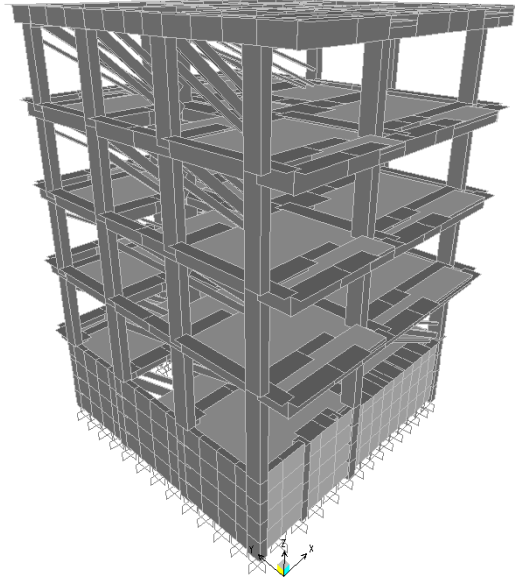


Şekil 5. 5 Dolgu duvarlı eşdeğer bina modeli-Y yönü duvarları (A. Hendry Modeli)

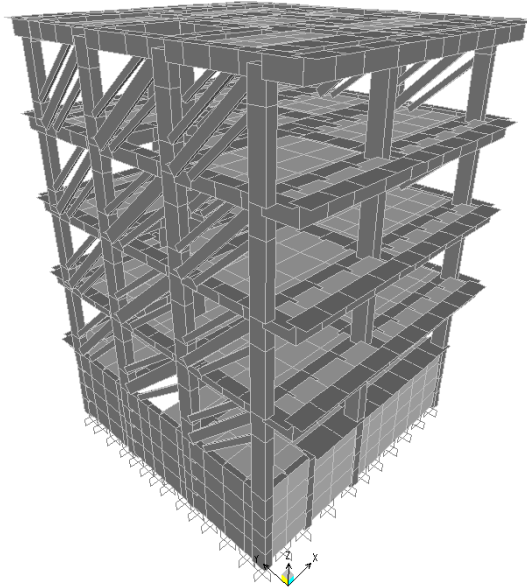
Çizelge 5. 3 A. Hendry modeli kullanılarak belirlenen basınç çubuklu yapının deplasman ve periyot değerleri

	Hendry			
	X		Y	
KAT	$T_x(s)$	$\Delta x(cm)$	$T_y(s)$	$\Delta y(cm)$
3	0.404	0.265	0.498	0.074
2		0.224		0.062
1		0.159		0.044
Z		0.078		0.023
B		0.009		0.002

5.4 W.W. El-Dakhakhni Tarafından Önerilen Model ile 3B Yapı Analizi



Şekil 5. 6 Dolgu duvarlı eşdeğer bina modeli-X yönü duvarları (W.W. El-Dakhakhni Modeli)



Şekil 5. 7 Dolgu duvarlı eşdeğer bina modeli-Y yönü duvarları (W.W. El-Dakhakhni Modeli)

Çizelge 5. 4 W.W. El-Dakhakhni modeli kullanılarak belirlenen eşdeğer basınç çubuklu yapının deplasman ve periyot değerleri

	El-Dakhakhni			
	X		Y	
KAT	$T_x(s)$	$\Delta x(cm)$	$T_y(s)$	$\Delta y(cm)$
3	0.396	0.585	0.482	0.334
2		0.496		0.286
1		0.346		0.207
Z		0.160		0.106
B		0.006		0.005

5.5 Üç Boyutlu Yapı Analizlerinin Karşılaştırılması

Çizelge 5. 5 Farklı yöntemlerle oluşturulmuş dolgu duvar modeli yapı analiz sonuçlarının karşılaştırılması

	Dolgu Duvarsız				Asteris			
	X		Y		X		Y	
KAT	$T_x(s)$	$\Delta x(cm)$	$T_y(s)$	$\Delta y(cm)$	$T_x(s)$	$\Delta x(cm)$	$T_y(s)$	$\Delta y(cm)$
3	0.499	0.985	0.499	0.632	0.412	0.672	0.499	0.395
2		0.854		0.542		0.577		0.338
1		0.615		0.388		0.417		0.244
Z		0.301		0.189		0.210		0.122
B		0.014		0.006		0.012		0.005

	Hendry				El-Dakhakni			
	X		Y		X		Y	
KAT	$T_x(s)$	$\Delta x(cm)$	$T_y(s)$	$\Delta y(cm)$	$T_x(s)$	$\Delta x(cm)$	$T_y(s)$	$\Delta y(cm)$
3	0.404	0.265	0.498	0.074	0.396	0.585	0.482	0.334
2		0.224		0.062		0.496		0.286
1		0.159		0.044		0.346		0.207
Z		0.078		0.023		0.160		0.106
B		0.009		0.002		0.006		0.005

5.6 Analizin Genişletilmesi

Dolgu duvar etkisinin kat yüksekliğine bağlı olarak değişimini ve eşdeğer basınç çubuğu modellerinin hassasiyetini denetleyebilmek açısından, normalde 5 katlı olan yapı, normal katları kopyalanarak, 10 ve 15 katlı yapılar olarak tekrar analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, dolgu duvarsız durum ile kıyaslanmıştır (izelge 5.6-5.9):

Çizelge 5. 6 10 Katlı yapı için eşdeğer model analiz sonuçları (P.G. Asteris modeli)

		Periyotlar		Yerdeğiştirmeler			
				Toplam		Görelİ	
	KAT	$T_x(s)$	$T_y(s)$	$\delta x(cm)$	$\delta y(cm)$	$\Delta x(cm)$	$\Delta y(cm)$
Dolgu Duvarsız	8	1.141	1.141	3.144	2.998	0.135	0.143
	7			3.009	2.855	0.215	0.210
	6			2.794	2.645	0.283	0.274
	5			2.511	2.371	0.344	0.330
	4			2.167	2.041	0.395	0.375
	3			1.772	1.666	0.436	0.412
	2			1.336	1.254	0.466	0.436
	1			0.870	0.818	0.475	0.442
	Z			0.395	0.376	0.382	0.364
	B			0.013	0.012	0.013	0.012
Asteris	8	0.955	1.140	2.559	1.949	0.135	0.119
	7			2.424	1.830	0.194	0.158
	6			2.230	1.672	0.235	0.191
	5			1.995	1.481	0.282	0.220
	4			1.713	1.261	0.317	0.242
	3			1.396	1.019	0.344	0.257
	2			1.052	0.762	0.360	0.265
	1			0.692	0.497	0.365	0.262
	Z			0.327	0.235	0.309	0.223
	B			0.018	0.012	0.018	0.012

Çizelge 5. 7 10 Katlı yapı için eşdeğer model analiz sonuçları
(A. Hendry ve W.W. El-Dakhkhni modeli)

		Periyotlar		Yerdeğiştirmeler			
				Toplam		Görelİ	
	KAT	$T_x(s)$	$T_y(s)$	$\delta x(cm)$	$\delta y(cm)$	$\Delta x(cm)$	$\Delta y(cm)$
Dolgu Duvarsız	8	1.141	1.141	3.144	2.998	0.135	0.143
	7			3.009	2.855	0.215	0.210
	6			2.794	2.645	0.283	0.274
	5			2.511	2.371	0.344	0.330
	4			2.167	2.041	0.395	0.375
	3			1.772	1.666	0.436	0.412
	2			1.336	1.254	0.466	0.436
	1			0.870	0.818	0.475	0.442
	Z			0.395	0.376	0.382	0.364
	B			0.013	0.012	0.013	0.012
Hendry	8	0.941	1.139	1.526	1.325	0.087	0.117
	7			1.439	1.208	0.117	0.132
	6			1.322	1.076	0.147	0.148
	5			1.175	0.928	0.171	0.158
	4			1.004	0.770	0.193	0.163
	3			0.811	0.607	0.207	0.164
	2			0.604	0.443	0.216	0.159
	1			0.388	0.284	0.213	0.148
	Z			0.175	0.136	0.158	0.124
	B			0.017	0.012	0.017	0.012
El-Dakhkhni	8	0.947	1.133	2.775	2.017	0.167	0.131
	7			2.608	1.886	0.209	0.170
	6			2.399	1.716	0.263	0.202
	5			2.136	1.514	0.312	0.230
	4			1.824	1.284	0.351	0.249
	3			1.473	1.035	0.380	0.263
	2			1.093	0.772	0.399	0.267
	1			0.694	0.505	0.393	0.263
	Z			0.301	0.242	0.290	0.228
	B			0.011	0.014	0.011	0.014

Çizelge 5. 8 15 Katlı yapı için eşdeğer model analiz sonuçları (P.G. Asteris modeli)

		Periyotlar		Yerdeğiştirmeler			
				Toplam		Görelİ	
	KAT	$T_x(s)$	$T_y(s)$	$\delta x(cm)$	$\delta y(cm)$	$\Delta x(cm)$	$\Delta y(cm)$
Dolgu Duvarsız	13	1.847	1.847	5.816	5.619	0.184	0.205
	12			5.632	5.414	0.243	0.254
	11			5.389	5.160	0.294	0.300
	10			5.095	4.860	0.339	0.341
	9			4.756	4.519	0.379	0.376
	8			4.377	4.143	0.414	0.407
	7			3.963	3.736	0.444	0.433
	6			3.519	3.303	0.470	0.455
	5			3.049	2.848	0.495	0.473
	4			2.554	2.375	0.515	0.487
	3			2.039	1.888	0.532	0.497
	2			1.507	1.391	0.540	0.499
	1			0.967	0.892	0.532	0.486
	Z			0.435	0.406	0.421	0.392
	B			0.014	0.014	0.014	0.014
Asteris	13	1.846	1.845	5.807	4.490	0.184	0.217
	12			5.623	4.273	0.242	0.250
	11			5.381	4.023	0.295	0.279
	10			5.086	3.744	0.339	0.303
	9			4.747	3.441	0.379	0.324
	8			4.368	3.117	0.414	0.340
	7			3.954	2.777	0.444	0.352
	6			3.510	2.425	0.471	0.360
	5			3.039	2.065	0.494	0.365
	4			2.545	1.700	0.516	0.365
	3			2.029	1.335	0.531	0.360
	2			1.498	0.975	0.540	0.351
	1			0.958	0.624	0.531	0.334
	Z			0.427	0.290	0.413	0.275
	B			0.014	0.015	0.014	0.015

Çizelge 5. 9 15 Katlı yapı için eşdeğer model analiz sonuçları
(A.Hendry ve W.W. El-Dakhakhni modeli)

		Periyotlar		Yerdeğiştirmeler			
				Toplam		Görelî	
	KAT	$T_x(s)$	$T_y(s)$	$\delta x(cm)$	$\delta y(cm)$	$\Delta x(cm)$	$\Delta y(cm)$
Dolgu Duvarsız	13	1.847	1.847	5.816	5.619	0.184	0.205
	12			5.632	5.414	0.243	0.254
	11			5.389	5.160	0.294	0.300
	10			5.095	4.860	0.339	0.341
	9			4.756	4.519	0.379	0.376
	8			4.377	4.143	0.414	0.407
	7			3.963	3.736	0.444	0.433
	6			3.519	3.303	0.470	0.455
	5			3.049	2.848	0.495	0.473
	4			2.554	2.375	0.515	0.487
	3			2.039	1.888	0.532	0.497
	2			1.507	1.391	0.540	0.499
	1			0.967	0.892	0.532	0.486
	Z			0.435	0.406	0.421	0.392
	B			0.014	0.014	0.014	0.014
Hendry	13	1.569	1.843	3.965	3.540	0.171	0.238
	12			3.794	3.302	0.193	0.254
	11			3.601	3.048	0.222	0.266
	10			3.379	2.782	0.251	0.276
	9			3.128	2.506	0.275	0.282
	8			2.853	2.224	0.297	0.286
	7			2.556	1.938	0.315	0.285
	6			2.241	1.653	0.330	0.281
	5			1.911	1.372	0.341	0.272
	4			1.570	1.100	0.347	0.261
	3			1.223	0.839	0.349	0.244
	2			0.874	0.595	0.343	0.223
	1			0.531	0.372	0.320	0.197
	Z			0.211	0.175	0.199	0.159
	B			0.012	0.016	0.012	0.016
El-Dakhakhni	13	1.581	1.847	5.457	4.151	0.207	0.221
	12			5.250	3.930	0.256	0.250
	11			4.994	3.680	0.298	0.272
	10			4.696	3.408	0.337	0.292
	9			4.359	3.116	0.371	0.309
	8			3.988	2.807	0.402	0.319
	7			3.586	2.488	0.427	0.328
	6			3.159	2.160	0.449	0.332
	5			2.710	1.828	0.466	0.331
	4			2.244	1.497	0.478	0.328
	3			1.766	1.169	0.484	0.320
	2			1.282	0.849	0.481	0.306
	1			0.801	0.543	0.458	0.287
	Z			0.343	0.256	0.331	0.240
	B			0.012	0.016	0.012	0.016

Bu bölüme kadar, mevcut bir yapının dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız davranışı düzlemsel ve uzaysal olarak, doğrusal elastik sınırlar içinde irdelenmiştir. İleriki bölümde mevcut yapı doğrusal olmayan davranış ilkeleri dikkate alınarak incelenecektir.

6. STATİK İTME ANALİZİ

Yapıların doğrusal hesap yöntemleri ile yapılan analizlerinde birinci mertebe doğrusal elastik teori geçerlidir. Yapı malzemesinin doğrusal elastik davrandığı ve yer değiştirmelerin küçük olduğu kabulleri geçerli olmaktadır. Doğrusal analiz yöntemleri ile yapılan hesaplar sonucu, göçmeye karşı sabit bir güvenlik sağlanamazken, elastik sınır ötesindeki taşıma kapasitesinden de faydalanılamaz. Doğrusal analiz yöntemleri, yapı sistemlerinin elastik kapasiteleri ve ilk akma bölgesi hakkında iyi sonuçlar vermekle birlikte, yapının göçme mekanizmasının doğrusal analiz yöntemleri ile belirlenmesi mümkün olmamaktadır.

Yapıların yatay yükler altındaki davranış özelliklerinin ve performans seviyelerinin belirlenmesine yönelik itme (pushover) analizleri yapılmaktadır. İtme analizi genel olarak, yapıda adım adım arttırılan yanal yüklerin etkisinde rijitlik ile dayanım değişiminin yapı elemanlarındaki elastik olmayan davranış özellikleri dikkate alınarak hesaplandığı ve bu hesapların belli performans seviye değerleri için tarif edildiği sayısal bir inceleme yöntemidir.

Artımsal itme analizinde, her hangi bir elemanda akma sınırına ulaşıldığında, oluşan taban kesme kuvveti ve seçilen noktada meydana gelen yer değiştirme kaydedilir ve bir önceki adımda bulunan değerlere ilave edilir. Yükler yeni şekil değiştirme durumuna göre yeniden hesaplanır. Akma sınırına ulaşmış elemanların daha fazla yük almayacağı kabul edildiği için, bu elemanların rijitlikleri sıfırlanarak veya çok küçük değerlere (başlangıçtaki rijitliğin %5'i veya %10'u) düşürülerek bir sonraki adıma geçilir. Esas taşıyıcı sistem elemanlarının önemli bir kısmının akma sınırına ulaşması, kat mekanizması oluşması, ikinci mertebe etkiler nedeni ile stabilitenin kaybolması veya yapının, oluşan plastik mafsallar yüzünden hiperstatikliğini kaybetmesi gibi nedenlerle, yapının göçme durumuna gelmiş olmasına kadar çözümlemeye devam edilir.

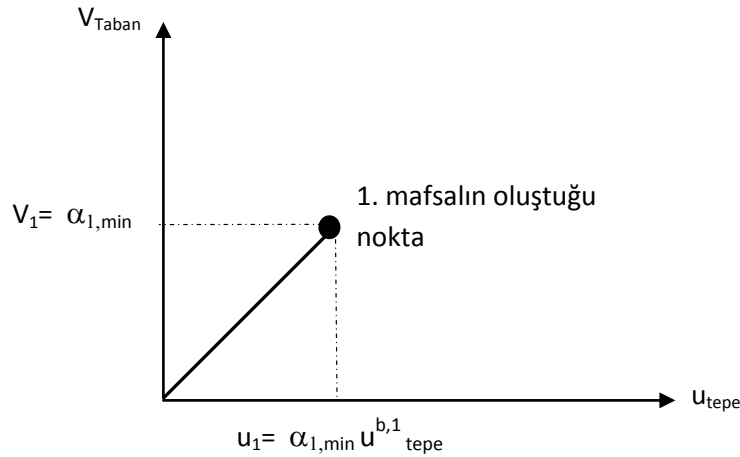
Sistemin kapasite eğrisini, bilinen doğrusal çözümleme yöntemleri yardımıyla elde edebilmek için; sisteme, her adımda hakim titreşim modu dikkate alınarak kütlelerle orantılı şekilde yatay kuvvet uygulanır. Bu yatay kuvvet altında doğrusal çözümleme yapılarak, kolonların ve kirişlerin uç kesimlerinde (plastik mafsall oluşması beklenen kesitlerde) oluşacak eğilme momenti değerleri hesaplanır. Yöntemde, her adım arası davranışın doğrusal ve taşıyıcı eleman davranışlarının düşey yükler altında elastik bölgede kaldığı kabul edilirse, yöntemin 1. adımında her eleman için (6.1) eşitliği yazılabilir:

$$M_y^j = M_{G+Q}^j + \alpha_1^j M_{b,1}^j \quad (6.1)$$

Burada; M_y^j , j kesitinin akma momenti; M_{G+Q}^j , düşey yüklerden (G+Q) dolayı j kesitinde oluşan eğilme momenti; $M_{b,1}^j$, birinci adımda birim yatay yüklemekten dolayı j kesitinde oluşan eğilme momenti; α_1^j , j kesitini akma sınırına ulaştıracak çarpandır. (6.1)' den yararlanılarak (6.2) ifadesi:

$$\alpha_1^j = \frac{M_y^j - M_{G+Q}^j}{M_{b,1}^j} \quad (6.2)$$

şeklinde yazılabilir. Buradan her eleman için hesaplanan α değerleri arasında en küçük olan değer ($\alpha_{1,min}$), ilk olarak hangi elemanın akma sınırına ulaşacağını gösterir. “ $\alpha_{1,min}$ ” çarpanının bulunmasıyla, sistemde ilk mafsallın olduğu andaki taban kesme kuvveti, tepe noktası yer değiştirmesi veya her elemanda oluşan şekil değiştirmeler hesaplanabilir. Hesabın birinci adımı sonunda Şekil 6.1’de görülen grafik elde edilir.

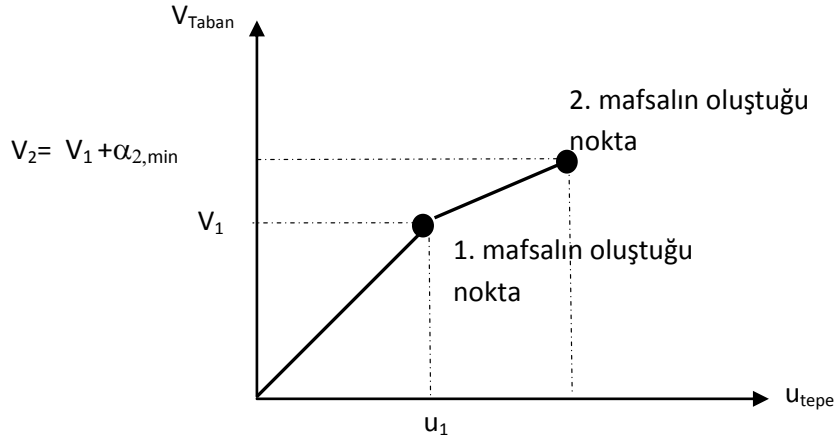


Şekil 6. 1 İlk plastik mafsallın oluşumu

Mafsallaşan kesite, kesitin aktıktan sonraki eğilme rijitliği yani o kesite ait ikili doğrusal moment-eğrilik diyagramının ikinci eğimi, kesitin yeni eğilme rijitliği olarak alınır. Böylelikle sistemin rijitlik matrisi değişmiş olacaktır. İkinci adımda kurulan yeni rijitlik matrisi ile sisteme yeniden birim yatay yük uygulanır ve doğrusal çözümleme yapılır. Her eleman için (6.3) ve (6.4) eşitlikleri yazılır ve en küçük α değeri hesaplanır (Şekil 6.2).

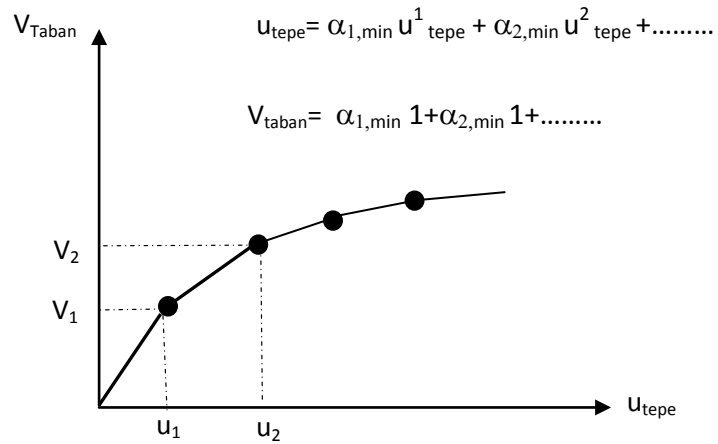
$$M_y^j = M_{G+Q}^j + \alpha_{1,min}^j M_{b,1}^j + \alpha_2^j M_{b,2}^j \quad (6.3)$$

$$\alpha_2^j = \frac{M_y^j - M_{G+Q}^j - \alpha_{1,min}^j M_{b,1}^j}{M_{b,2}^j} \quad (6.4)$$



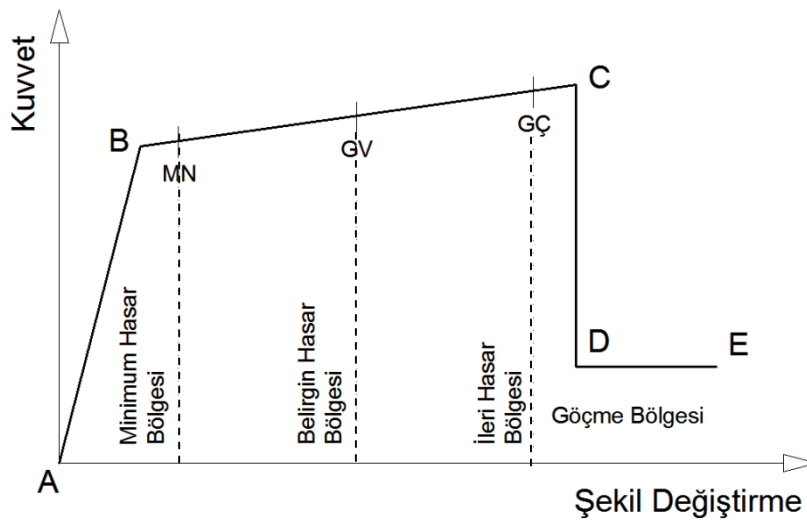
Şekil 6. 2 İkinci plastik mafsall oluşumu

Her adımda bir α çarpanı bulunarak, statik itme analizi, esas taşıyıcı sistem elemanlarının önemli bir kısmının akma sınırına ulaşması veya sistemin mekanizma durumuna geçmesine kadar devam ettirilir. Taban kesme kuvveti, tepe noktası yer değiştirmesi ve elemanlarda oluşan şekil değiştirmelerin en son değerleri, her adımda elde edilen α çarpanları kullanılarak bulunur. Böylece kapasite eğrisi elde edilir.



Şekil 6. 3 Mekanizma durumu

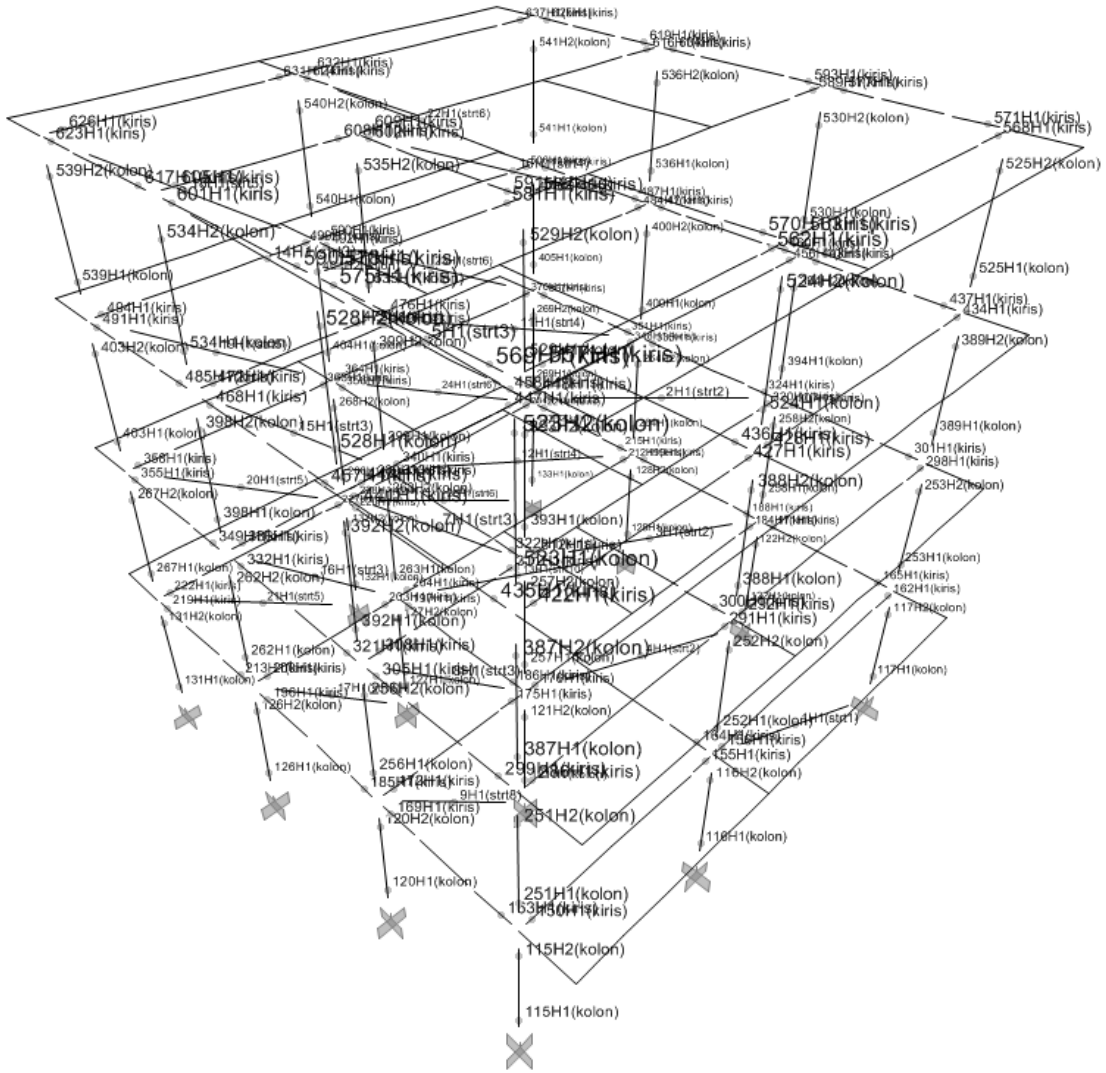
Artımsal itme analizinde yapı davranışı, taban kesme kuvveti ve çatı yer değiştirmesi ilişkisini içeren kapasite eğrisiyle karakterize edilir (Şekil 6.3). Artımsal itme analizinde kullanılan yükleme şekli, toplanmış kat kütleleri ve doğrusal dinamik analizden elde edilen mod şekliyle (x ve y yönlerinde) orantılı olarak ikinci mertebe etkilerinin de dikkate alınmasıyla kat hizalarında uygulanmaktadır. Tipik bir elemanın doğrusal ötesi davranışı Şekil 6.4’ de gösterilen kuvvet-şekil değiştirme eğrisi ile ifade edilebilmektedir (İnel vd., 2007). Bir elemanın davranışının ifade edilebilmesi, B, C, ve E noktalarının belirlenmesi ile mümkün olmaktadır.



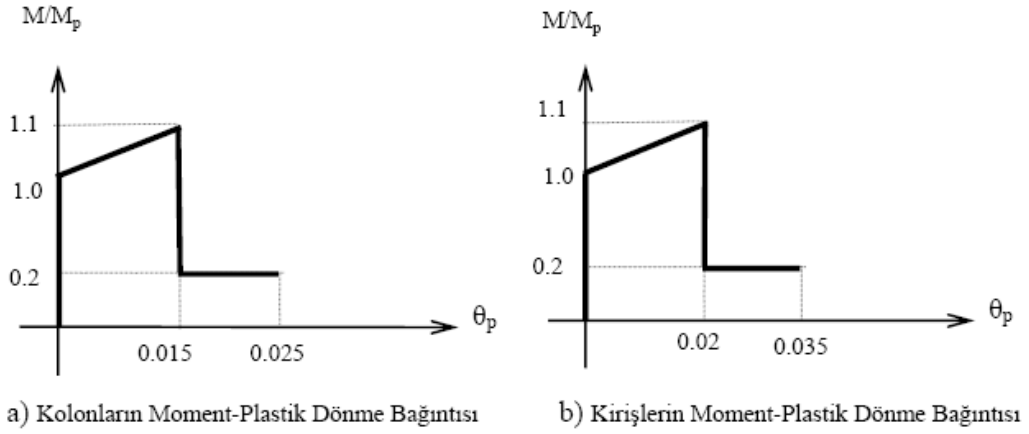
Şekil 6. 4 Bir elemanın elastik ötesi davranışını ifade eden kuvvet-şekil değiştirme eğrisi

Elemanlara ait elastik ötesi davranış parametreleri, bu davranışın eleman uçlarında yoğunlaşacağı varsayımına dayanan “yığılı plastik davranış modeli” kullanılarak tanımlanmaktadır. Basit eğilme durumunda plastik mafsal hipotezi’ ne karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’ te *plastik mafsal boyu* olarak adlandırılan *plastik şekil değiştirme bölgesi*’ nin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)’nin yarısına eşit alınmaktadır (DBYYHY, 2007). Plastikleşmenin kirişlerde tek eksenli eğilme momenti etkisiyle, kolonlarda ise iki eksenli eğilme momenti ve normal kuvvetin etkileşiminden meydana geldiği kabul edilmektedir. Plastik mafsallar kolon ve kirişlerde bağlandıkları düğüm noktalarından L_p kadar uzakta atanmıştır (Şekil 6.5).

Plastik moment (M_p) ve maksimum plastik dönme (θ_p) değerleri için Applied Technology Council – 40 (ATC-40)'daki verilerden yararlanılmıştır. Şekil 6.6' da kiriş ve kolon elemanlara ait moment-plastik dönme bağıntıları gösterilmiştir. Kolon ve kiriş elemanlara ait çatlamış kesit rijitlikleri için DBYYHY-2007' de önerilen değerler kullanılmıştır. Buna göre bu çalışmada da kolon ve kirişler için çatlamış kesit rijitlikleri olarak $0,4 \cdot EI_0$ alınmıştır. Örnek yapının bodrum katı perde ile çevrili olduğundan, nümeik modelde bodrum kat ihmal edilmiştir. Ayrıca mevcut yapı için oluşması muhtemel plastik mafsallar Şekil 6.6'da gösterilmiştir.



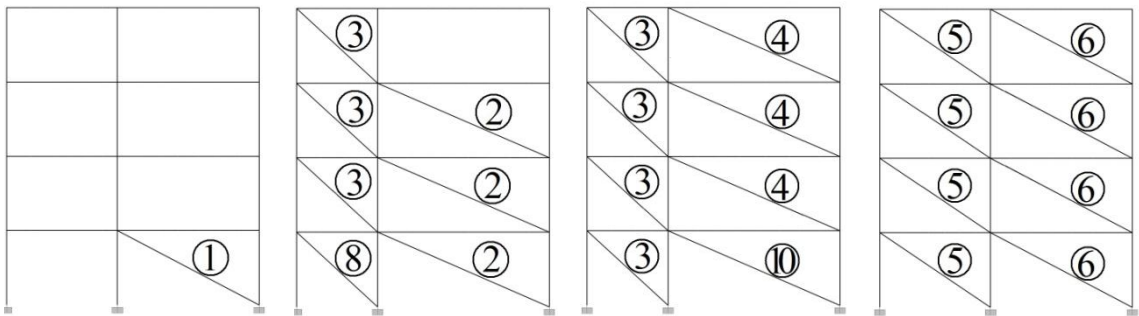
Şekil 6. 5 Mevcut yapıda tanımlanan plastik mafsallar



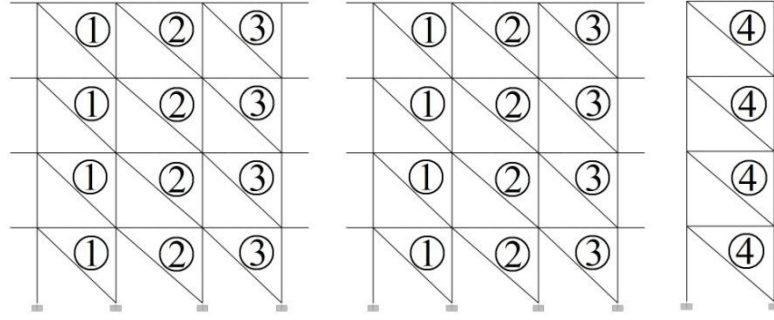
Şekil 6. 6 Kolon ve Kirişlerin Moment-Plastik Dönme $M/M_p - \theta_p$ Bağıntıları (İnel vd., 2007)

Dolgu duvarlı analizde kullanılacak olan duvar plastik mafsalları, farklı kesitlere sahip çubuklar için Sap2000 v.14'te ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bunun için dolgu duvar basınç dayanımı ile eşdeğer çubuk kesiti çarpılarak, her bir eşdeğer basınç çubuğunun göçme öncesi taşıyabileceği maksimum eksenel yük taşıma kapasitesi hesaplanmıştır. Dolgu duvarların gevrek davranışı, Sap2000 v.14'te yük kontrollü olarak tanımlanmış ve plastik mafsallar (normal kuvvet için) çubukların orta noktalarına atanmıştır.

Şekil 6.7 ve 6.8' de numaralandırılmış çubukların göçme yükleri Çizelge 6.1' de gösterilmiştir.



Şekil 6. 7 X-X yönünde sırasıyla 1, 2, 4, ve 5 numaralı akslardaki eşdeğer basınç çubuğu numaraları



Şekil 6. 8 Y-Y yönünde sırasıyla A, B, ve D akslarındaki eşdeğer basınç çubuğu numaraları

Çizelge 6. 1 Eşdeğer basınç çubuklarının taşıma gücü

<i>X yönü için, eşdeğer basınç çubuğu plastik mafsal kuvvetleri</i>				
Çubuk no	w (m)	t (m)	f (kN/m ²)	N (kN)
1	0,27	0,1	6600	178,2
2	0,24	0,1	6600	158,4
3	0,46	0,1	6600	303,6
4	0,17	0,1	6600	112,2
5	0,1	0,1	6600	66,0
6	0,14	0,1	6600	92,4
8	0,06	0,1	6600	39,6
10	0,24	0,1	6600	158,4
<i>Y yönü için, eşdeğer basınç çubuğu plastik mafsal kuvvetleri</i>				
Çubuk no	w (m)	t (m)	f (kN/m ²)	N (kN)
1	0,44	0,1	6600	290,4
2	0,42	0,1	6600	277,2
3	0,46	0,1	6600	303,6
4	0,16	0,1	6600	105,6

Artımsal itme analizi, toprak üstünde kalan katlar için yapılmış olup, bodrum katta kalan 7 ve 9 numaralı çubuklar Çizelge 6.1’ de gösterilmemiştir. Şekil 6.9 ve 6.10’ da yapıya etki eden sabit ve hareketli yükler ile duvar yükü gösterilmiştir. Yapının projelendirilmesinde döşeme sabit yükü 5 kN/m² olarak belirlenmiştir. Ancak, uzaysal modelde döşemeler de modellendiğinden, döşeme ağırlığı bu değerden çıkarılmıştır:

$$5 - 23,56 \cdot d = 5 - 2,36 \cdot d = 2,64 \text{ kN/m}^2 \quad (6.5)$$

Normal Kat Kütlesi : $\mathbf{m_{NK} = 103,13 \text{ } kN \cdot s^2/m}$

Çizelge 6. 3 En üst katta kütleyi oluşturan elemanlar ve kat kütlesi

KİRİŞ AĞIRLIĞI	h(m)	b(m)	L(m)	V (m³)	DÖŞEME AĞIRLIĞI	d(m)	a(m)	b(m)	V (m³)
	0,25	0,50	9,35	1,17		0,10	3,92	9,35	3,67
	0,25	0,60	9,35	1,40		0,10	1,75	6,35	1,11
	0,25	0,50	3,00	0,38		0,10	5,35	9,35	5,00
	0,30	0,50	6,35	0,95					
	0,25	0,50	9,35	1,17				Σ	9,78
	0,25	0,60	9,35	1,40					
	0,25	0,50	9,35	1,17		Döşeme Yüğü (g)			
	0,25	0,50	11,02	1,38		2,64 (kN/m²) × Σ(a·b)=		258,16	kN
	0,25	0,50	3,20	0,40		Döşeme Yüğü (q)			
	0,25	0,50	3,90	0,49		2,5(kN/m²) × Σ(a·b)=		244,47	kN
	0,25	0,50	3,92	0,49					
	0,25	0,50	3,20	0,40					
	0,25	0,50	11,02	1,38					
				Σ		12,17			
G ₁ = V × 23,56 (kN/m³) =									
286,75					kN				
					G ₃ = V × 23,56 (kN/m³) + g =				
					488,54				
					kN				
					KOLON AĞIRLIĞI	h(m)	b(m)	L(m)	V (m³)
						0,50	0,30	1,375	0,21
						0,50	0,30	1,375	0,21
						0,50	0,30	1,375	0,21
						0,55	0,30	1,375	0,23
						0,60	0,30	1,375	0,25
						0,50	0,30	1,375	0,21
						0,55	0,30	1,375	0,23
						0,50	0,40	1,375	0,28
						0,50	0,30	1,375	0,21
						0,50	0,30	1,375	0,21
						0,50	0,35	1,375	0,24
						0,50	0,30	1,375	0,21
								Σ	2,66
						G ₄ = V × 23,56 (kN/m³) =			
					62,68				
					kN				

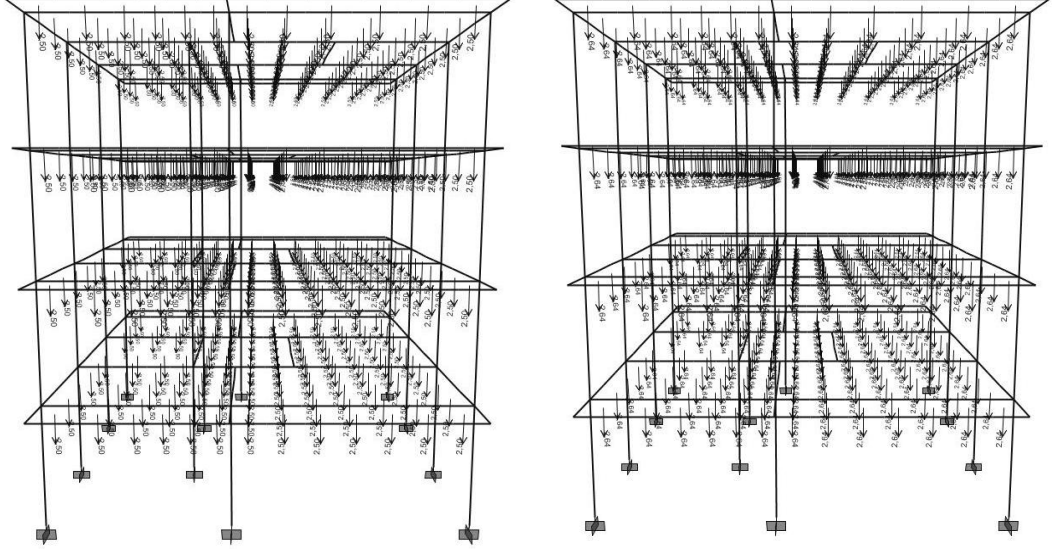
$$\Sigma G_{NK} = 837,98 \text{ kN}$$

$$W_{NK} = (\Sigma G_{NK}) + n \cdot Q_{NK} = 911,32 \text{ kN}$$

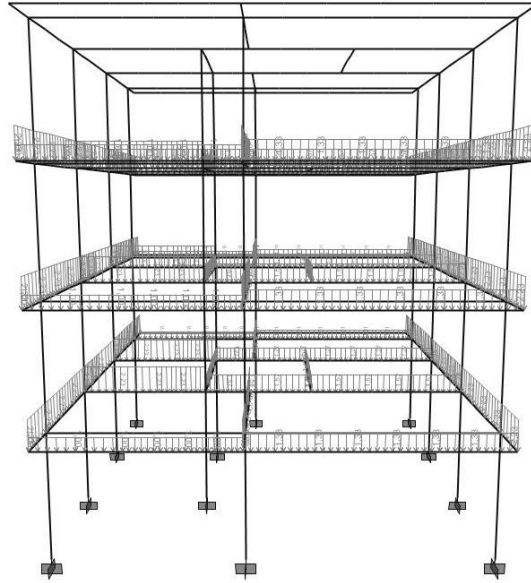
En Üst Kat Kütlesi : $\mathbf{m_{NK} = 92,90 \text{ } kN \cdot s^2/m}$

Çizelge 6.2 ve 6.3’ te artımsal itme analizinin yatay yüklerini belirlemede kullanılacak kütleler hesaplanmıştır.

6.2 Çözümde Dikkate Alınan Yüklemeler

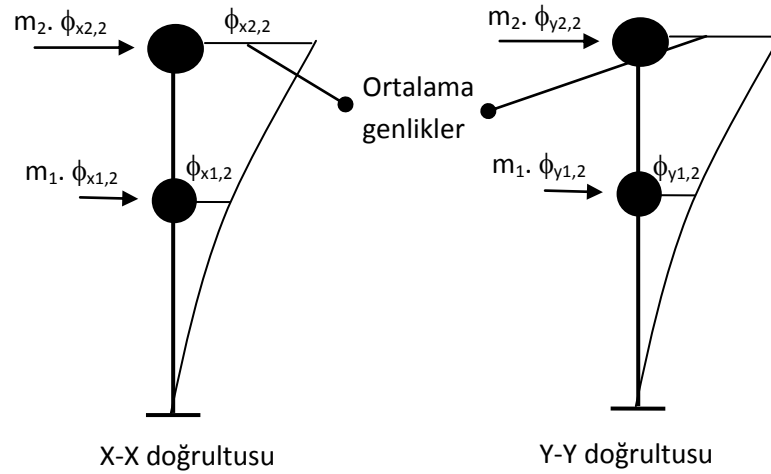


Şekil 6. 9 Yapıya etki eden döşeme sabit (G) ve hareketli yükleri (Q)



Şekil 6. 10 Yapıya etki eden duvar yükü

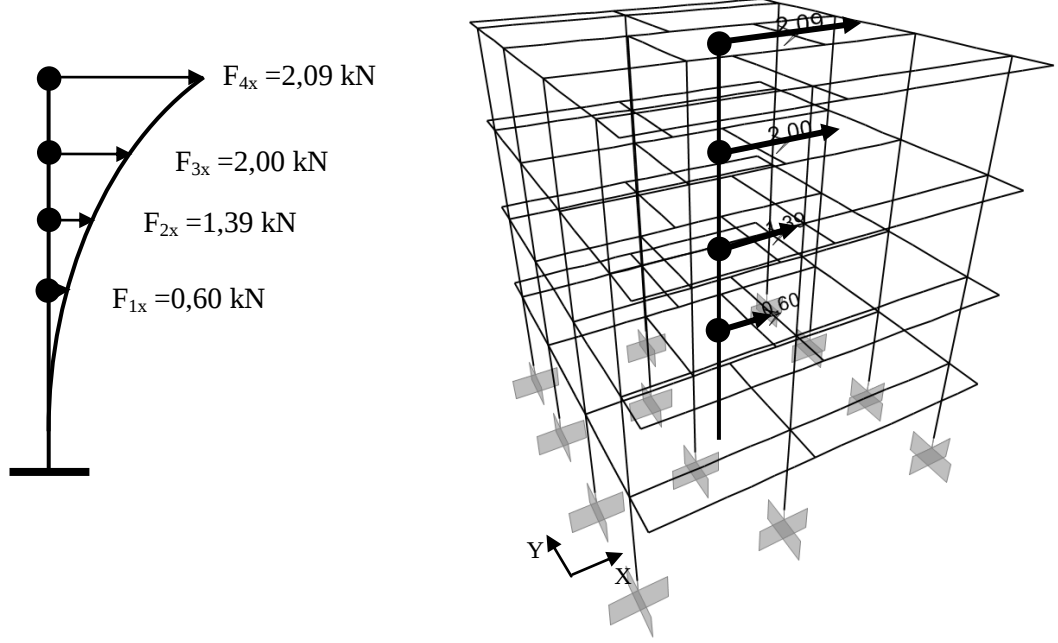
Statik itme analizinde dikkate alınacak yükleri hesaplayabilmek için, Şekil 6.9 ve 6.10’ da görülen yükler etkisinde döşeme kütleleri ile sistemin başlangıç analizleri yapılarak hakim moda ait genlikler her iki doğrultu için belirlenmiş ve kütlelerle orantılı olacak şekilde katlara dağıtılmıştır (Şekil 6.11).



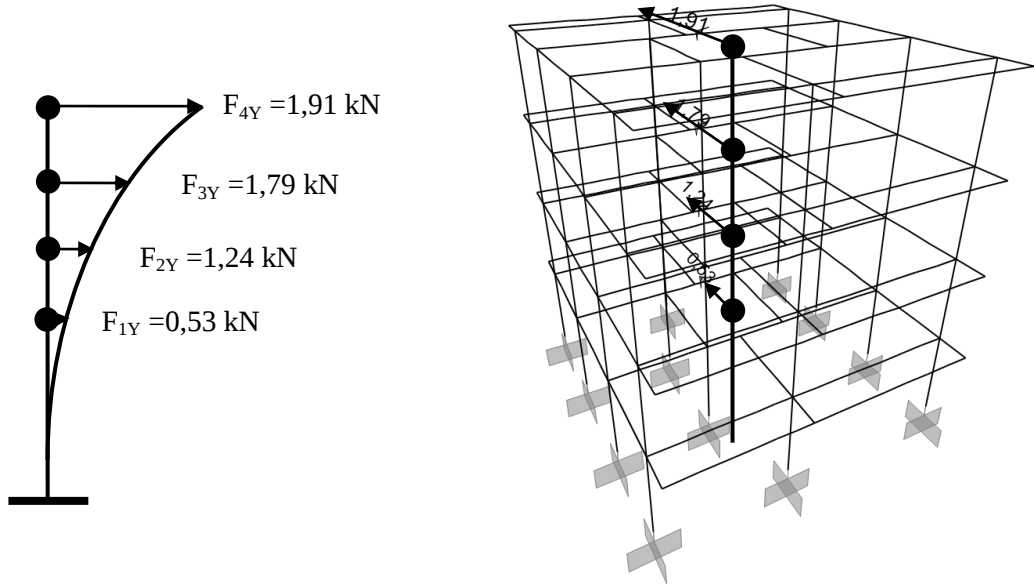
Şekil 6. 11 İtme analizinde kullanılacak olan yüklerin dağılımı

Artımsal itme yüklerini belirlemek için, Şekil 6.9 ve 6.10’ da verilmiş olan yüklemeler dikkate alınmış Sap2000 v.14’ te modal analiz yapılarak, hakim mod şekli belirlenmiştir. Bu işlem her iki yön için, dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı modeller için tekrarlanmıştır. Elde edilen mod şekillerinden her bir durum için (x yönünde dolgu duvarsız durum, x yönünde dolgu duvarlı durum, y yönünde dolgu duvarsız durum, y yönünde dolgu duvarlı durum) kat yer değiştirmeleri belirlenmiştir. İtme analizi yüklerini hesaplamak için katlar hizasında hakim mod şekline ait genlikler ile kütlesi çarpılmıştır (Şekil 6.12 - 6.15).

6.3 Dolgu Duvarsız Model İçin İtme Analizi Yükleri

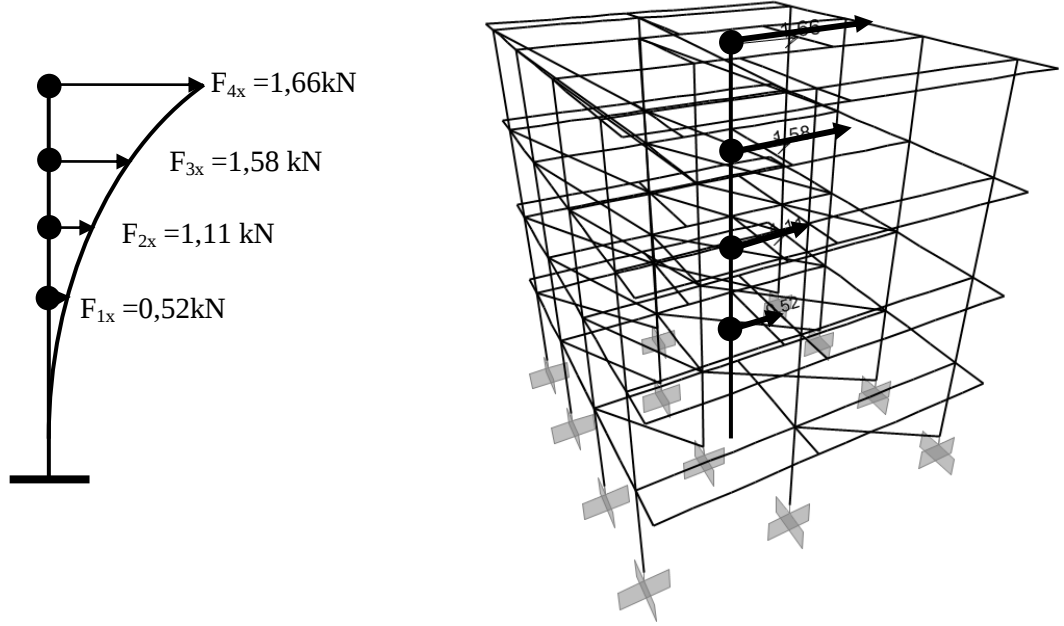


Şekil 6. 12 Dolgu duvarsız modele X - X yönünde etki eden itme kuvvetleri

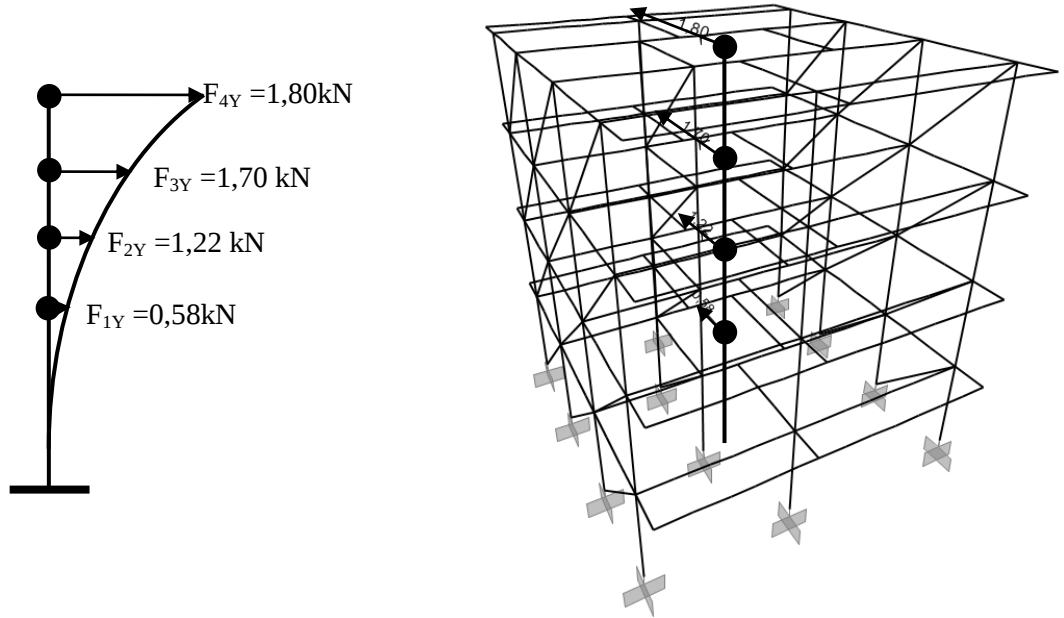


Şekil 6. 13 Dolgu duvarsız modele Y - Y yönünde etki eden itme kuvvetleri

6.4 Dolgu Duvarlı Model İçin İtme Analizi Yükleri



Şekil 6. 14 Dolgu duvarlı modele X - X yönünde etki eden itme kuvvetleri



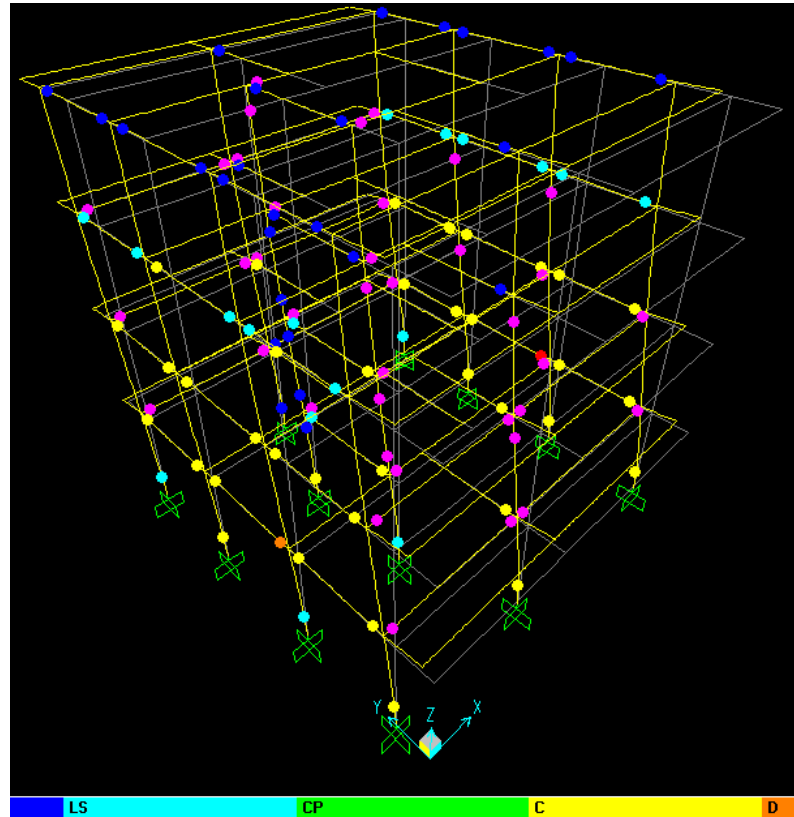
Şekil 6. 15 Dolgu duvarlı modele Y - Y yönünde etki eden itme kuvvetleri

6.5 Artımsal İtme Eğrileri

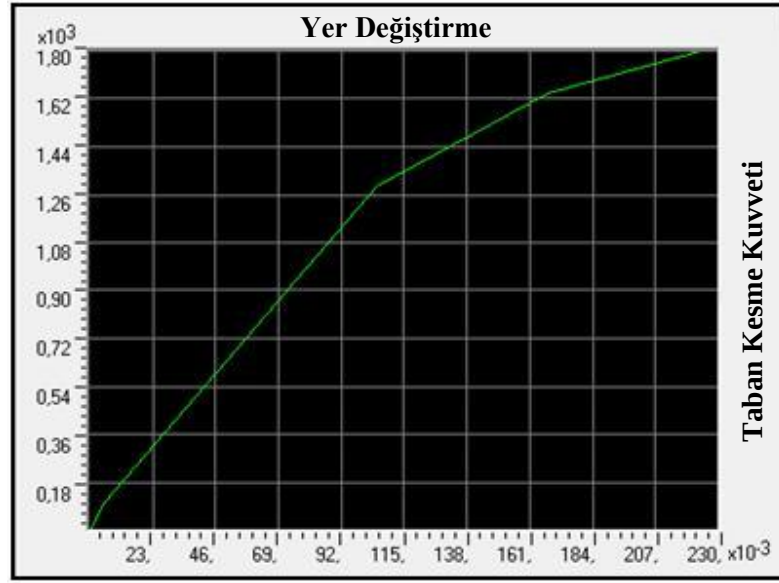
Bölüm 6.1’de verilen algoritma ışığında, mevcut yapı için oluşturulan numerik modeller (dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı) için itme analizleri gerçekleştirilerek, her iki model için mekanizma durumları Şekil 6.16 ve Şekil 6.19’da, kapasite eğrileri Şekil 6.17-18 ve Şekil 6.20-21’de verilmiştir.

Dolgu duvarlı modele ait analiz sonuçları incelendiğinde, ilk plastik kesitlerin dolgu duvarlar üzerinde meydana geldiği görülmüştür. İlk plastik kesitin olduğu andaki taban kesme kuvvetinin arttığı, bu aşamadan sonra plastik kesitlerin kolonlarda meydana geldiği anlaşılmaktadır.

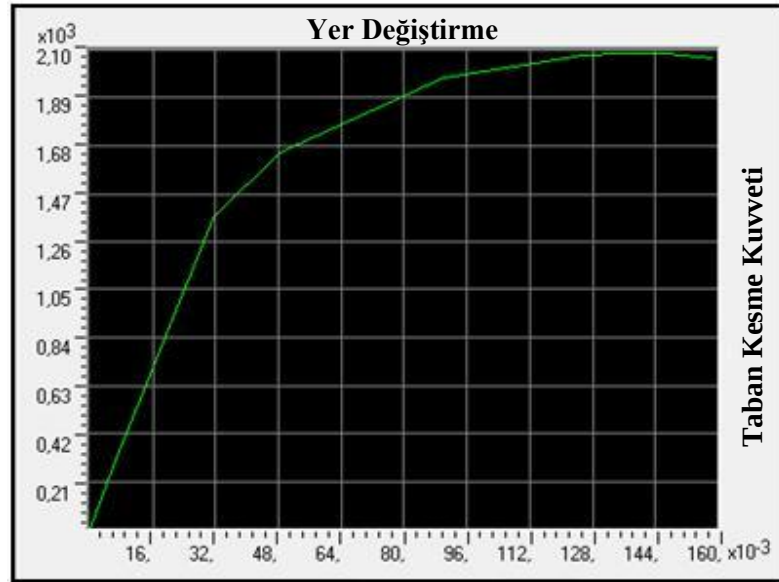
Her iki modele ait çözümler ve kapasite eğrileri karşılaştırıldığında, dolgu duvarların davranışa katkısı rahatlıkla izlenebilmektedir; artan yük etkisinde bir süre yatay dayanıma katkıda bulunarak sistemin sünekliğini artırdıkları, bu elemanlarda eksenel yük taşıma kapasitesi aşıldığı anda ise plastik mafsallık kesitlerinin göçe sınır durumuna gelmiş oldukları görülmektedir.



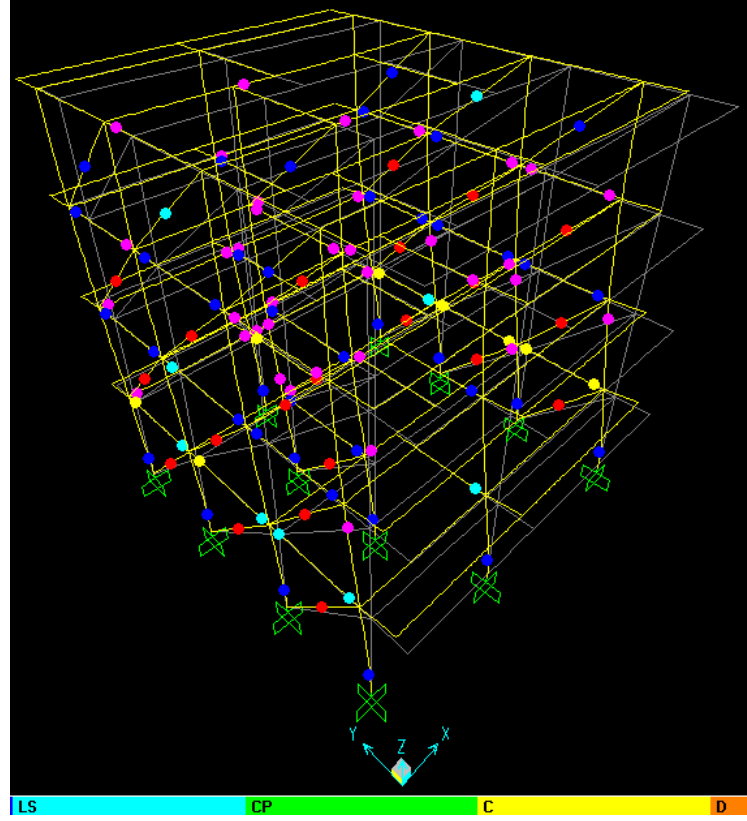
Şekil 6.16 Dolgu duvarsız model için mekanizma durumu



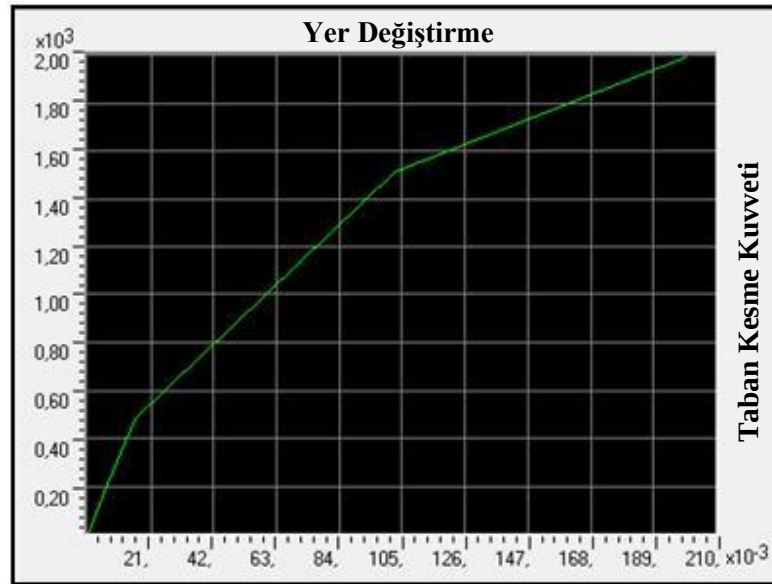
Şekil 6. 17 Dolgu duvarsız yapının X-X yönü kapasite eğrisi



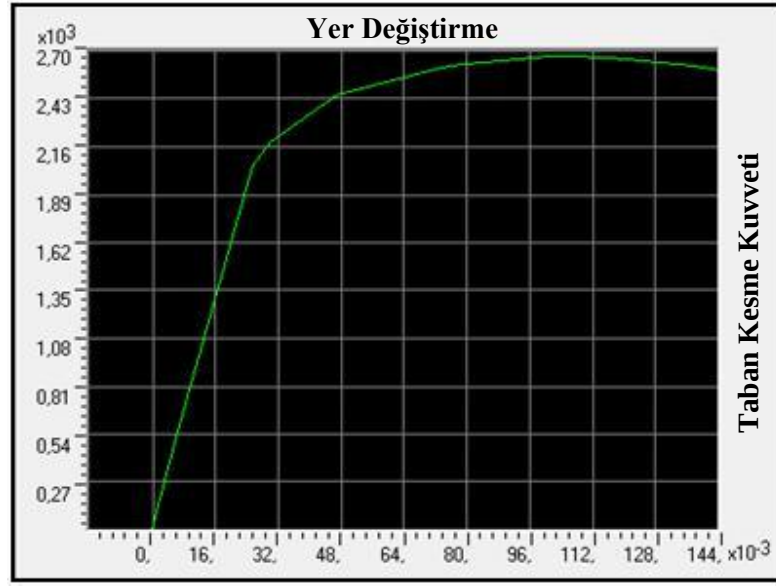
Şekil 6. 18 Dolgu duvarlı yapının X-X yönü kapasite eğrisi



Şekil 6.19 Dolgu duvarlı model için mekanizma durumu

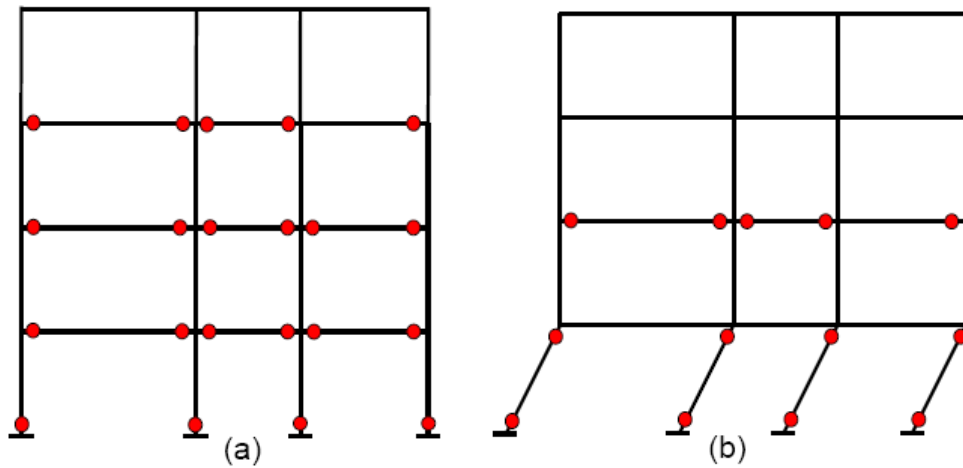


Şekil 6. 20 Dolgu duvarsız yapının Y-Y yönü kapasite eğrisi



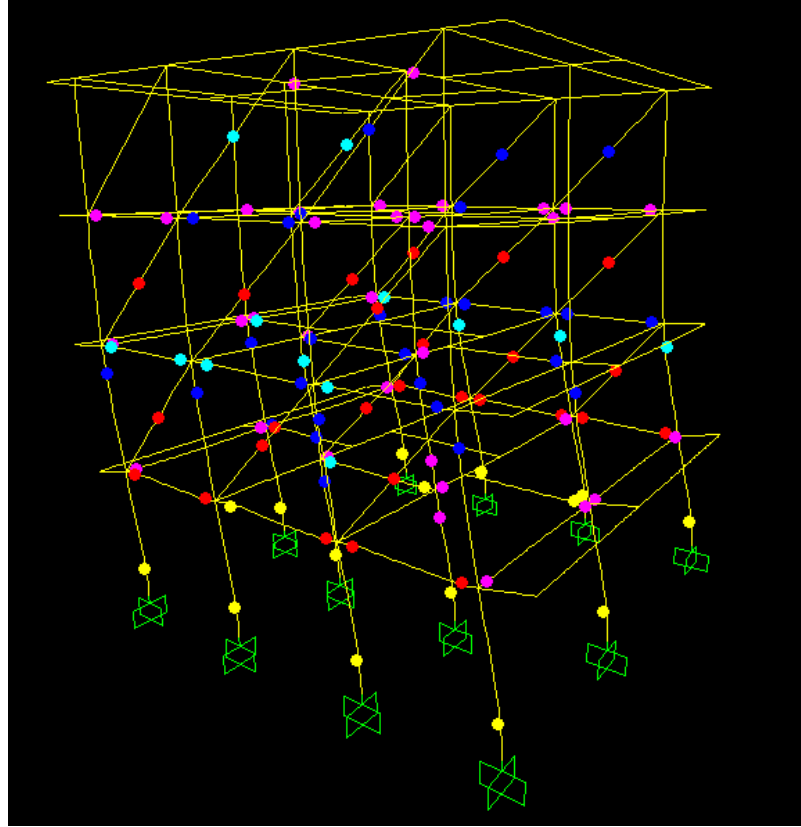
Şekil 6. 21 Dolgu duvarlı yapının Y-Y yönü kapasite eğrisi

Yukarıdaki irdelemelerden de anlaşılacağı üzere bir çerçeve göçme konumuna yeterli sayıda plastik mafsallın oluşması ile ulaşmaktadır. Göçme mekanizması iki ayrı biçimde oluşabilir; kolon ve kiriş mekanizması (Şekil 6.22).



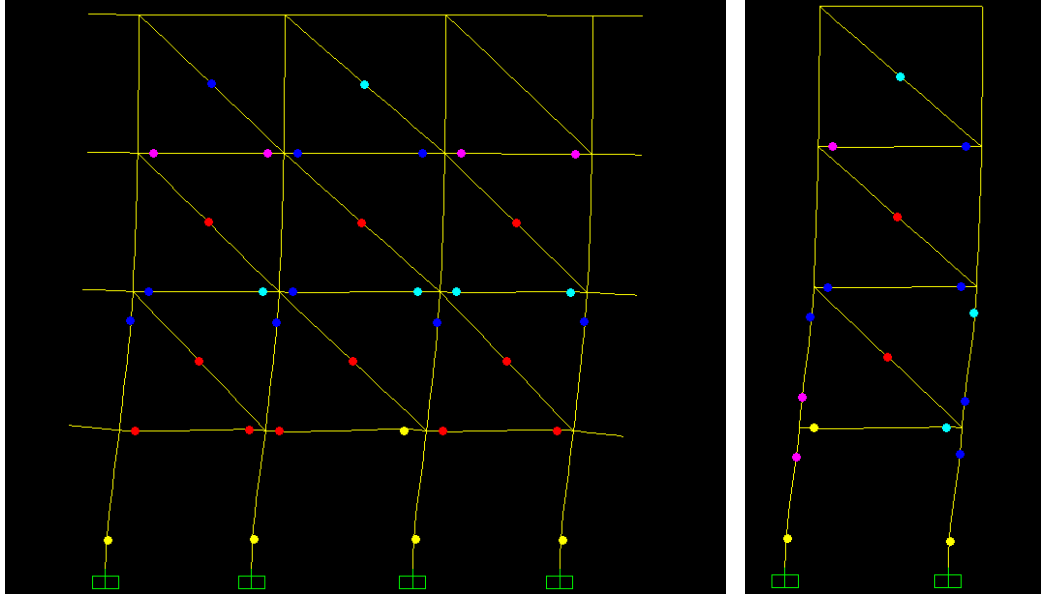
Şekil 6. 22 Tipik mekanizma durumları a) Kiriş mekanizması b)Kolon mekanizması

Plastik mafsalların tamamına yakınının kolon uçlarında oluşması şeklinde tanımlanan kolon veya kat mekanizması, gevrek kırılmaya neden olduğu için istenen bir mekanizma durumu değildir. DBYYHY-2007 esaslarına göre bu tip kırılma biçiminin oluşmaması için “Kuvvetli kolon-Zayıf kiriş” ilkesine uyulması şart koşulmaktadır. Bu durumda plastik mafsallar çoğunlukla kiriş uçlarında oluşacak ve kırılma biçimi sünek olacaktır. Ancak bu ilkeye uyulmuş olsa bile bazı durumlarda kat mekanizması oluşabilmektedir. Bunun nedeni ise özellikle hesaplarda dolgu duvarların etkisinin ihmal edilmesi olarak açıklanabilir. Bu davranışı görebilmek açısından mevcut yapıda zemin kat duvarları kaldırılarak sistem yeni itme yükleri altında analiz edilmiş ve göçme mekanizmaları Şekil 6.23-6.24’de verilmiştir.



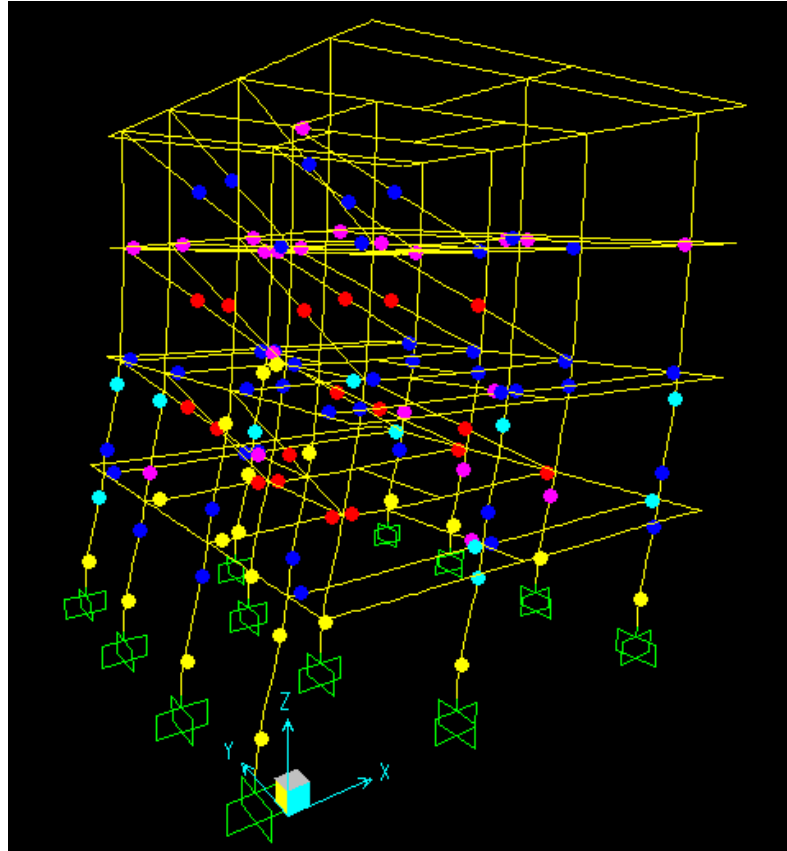
(a)

Şekil 6.23 Mekanizma durumu (Y-Y doğrultusu) a) 3 Boyutlu model b) Düzlemsel bina çerçeveleri



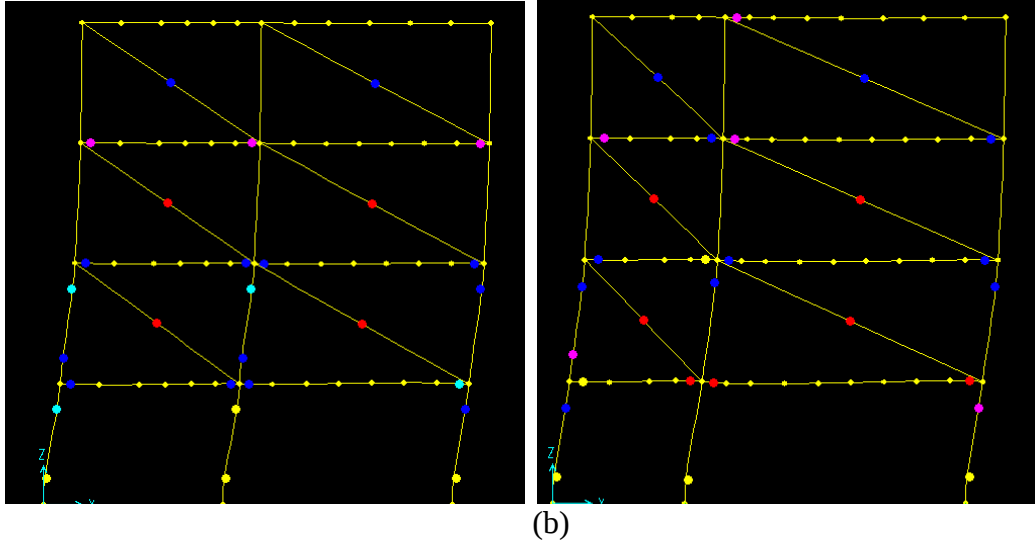
(b)

Şekil 6.23 Devamı



(a)

Şekil 6.24 Mekanizma durumu (X-X doğrultusu) a) 3 Boyutlu model b) Düzlemsel bina çerçeveleri



Şekil 6.24 Devamı

7. ANALİZ SONUÇLARI

Bölüm 4, 5 ve 6 daki analiz sonuçları dikkate alınarak, dolgu duvarların yapısal davranışa etkisi incelenmiş ve elde edilen sonuçlar bu kısımda maddeler halinde verilmiştir:

1. Düzlem çerçeve analizi sonucunda, eşdeğer basınç çubuğu yöntemlerinin çerçevenin davranışına olan katkısının, periyotlar açısından ortalama %41 azalma yönünde, kat yer değiştirmeleri açısından ortalama %68 azalma yönünde olduğu görülmüştür; ayrıca Mainstone ve El-Dakhkhni yöntemlerinin yaklaşık sonuçlar verdiği görülmüştür (Çizelge7.1).

Çizelge 7. 1 Düzlemsel çerçeve analizi-dolgu duvarların çerçeve davranışına katkısı

	Asteris		Hendry		El-Dakhkhni	
	T(%)	Δ (%)	T(%)	Δ (%)	T(%)	Δ (%)
3		58,51		85,11		61,97
2		59,12		86,48		62,26
1	33,33	59,28	55,56	87,33	33,33	61,54
Z		56,57		86,87		55,56
B		8,33		16,67		1,67
ORTALAMA		58,37		86,45		60,33

2. Üç boyutlu beş katlı mevcut yapı analizi sonucunda, eşdeğer basınç çubuğu yöntemlerinin yapının davranışına olan katkısının; X doğrultusunda, periyotlar açısından ortalama %19 azalma yönünde, kat yer değiştirmeleri açısından ortalama %50 azalma yönünde olduğu; ayrıca yöntemlerin periyotlar açısından yaklaşık sonuçlar verdiği görülmüştür; Y doğrultusunda ise, periyotlar açısından ortalama %1 azalma yönünde, kat yer değiştirmeleri açısından %57 azalma yönünde olduğu; ayrıca yöntemlerin birbirlerinden farklı sonuçlar verdiği görülmüştür (Çizelge 7.2).

Çizelge 7. 2 Üç boyutlu beş katlı mevcut yapı analizi-dolgu duvarların yapı davranışına katkısı

	Asteris				Hendry				El-Dakhkhni			
	X (%)		Y(%)		X (%)		Y(%)		X (%)		Y(%)	
	T	Δ	T	Δ	T	Δ	T	Δ	T	Δ	T	Δ
3		31,78		37,50		73,10		88,29		40,61		47,15
2		32,44		37,64		73,77		88,56		41,92		47,23
1	17,43	32,20	0,02	37,11	19,04	74,15	0,24	88,66	20,64	43,74	3,42	46,65
Z		30,23		35,45		74,09		87,83		46,84		43,92
B		14,29		16,67		35,71		66,67		57,14		16,67
ORTALAMA		31,66		36,93		73,77		88,34		43,28		46,24

3. Üç boyutlu on katlı yapı analizi sonucunda, eşdeğer basınç çubuğu yöntemlerinin yapının davranışına olan katkısının; X doğrultusunda, periyotlar açısından ortalama %17, kat yer değiştirmeleri açısından ortalama %30 azalma yönünde olduğu; ayrıca yöntemlerin periyotlar açısından yaklaşık sonuçlar verdiği görülmüştür; Y doğrultusunda ise, periyotlar açısından ortalama %3, kat yer değiştirmeleri açısından %43 azalma yönünde olduğu; ayrıca yöntemlerin birbirlerinden farklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Kat yer değiştirmeleri açısından Mainstone ve El-Dakhkhni yöntemleri benzerlik göstermiştir (Çizelge 7.3).

Çizelge 7. 3 Üç boyutlu on katlı yapı analizi-dolgu duvarların yapı davranışına katkısı

		X		Y	
		$\Delta(\%)$	T(%)	$\Delta(\%)$	T(%)
Asteris	8	18,61	16,30	34,99	0,09
	7	19,44		35,90	
	6	20,19		36,79	
	5	20,55		37,54	
	4	20,95		38,22	
	3	21,22		38,84	
	2	21,26		39,23	
	1	20,46		39,24	
	B	17,22		37,50	
	Z	15,38		0,00	
	ORTALAMA	19,99		37,58	
Hendry	8	51,46	17,53	55,80	0,18
	7	52,18		57,69	
	6	52,68		59,32	
	5	53,21		60,86	
	4	53,67		62,27	
	3	54,23		63,57	
	2	54,79		64,67	
	1	55,40		65,28	
	B	55,70		63,83	
	Z	7,69		0,00	
	ORTALAMA	53,70		61,48	
El - Dakhkhni	8	11,74	17,00	32,72	0,70
	7	13,33		33,94	
	6	14,14		35,12	
	5	14,93		36,15	
	4	15,83		37,09	
	3	16,87		37,88	
	2	18,19		38,44	
	1	20,23		38,26	
	B	23,80		35,64	
	Z	15,38		0,00	
	ORTALAMA	16,56		36,14	

4. Üç boyutlu onbeş katlı yapı analizi sonucunda, eşdeğer basınç çubuğu yöntemlerinin yapının davranışına olan katkısının; X doğrultusunda, periyotlar açısından ortalama %10, kat yer değiştirmeleri açısından ortalama %16 azalma yönünde olduğu; ayrıca yöntemlerin birbirlerinden farklı sonuçlar verdiği görülmüştür; Y doğrultusunda ise, periyotlar açısından ortalama %11, kat yer değiştirmeleri açısından %36 azalma yönünde olduğu; ayrıca yöntemlerin birbirlerinden farklı sonuçlar verdiği görülmüştür (Çizelge 7.4).

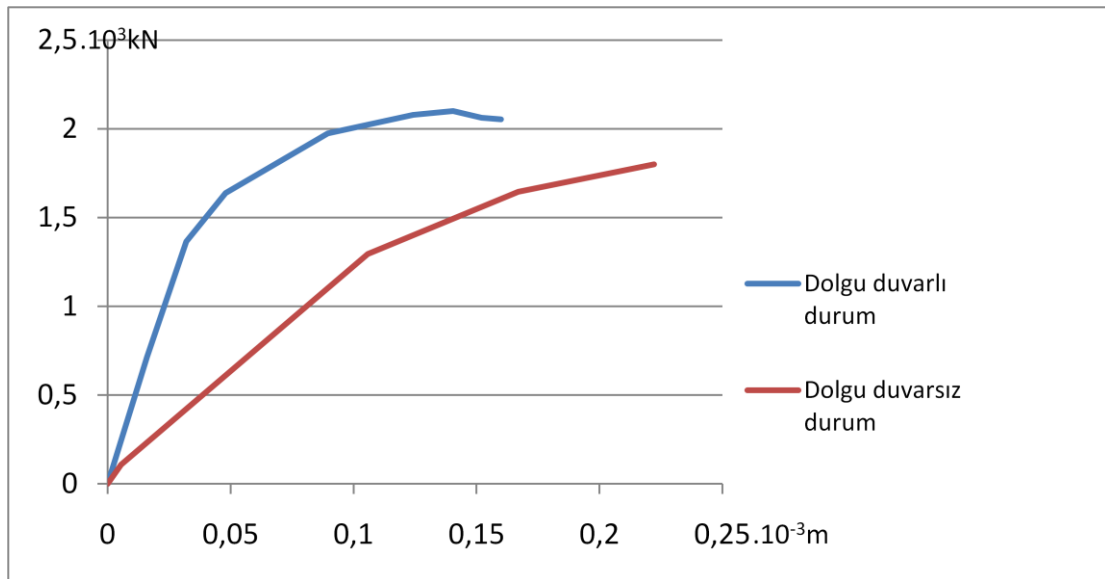
Çizelge 7. 4 Üç boyutlu onbeş katlı yapı analizi-dolgu duvarların yapı davranışına katkısı

		X		Y	
		$\Delta(\%)$	T(%)	$\Delta(\%)$	T(%)
Asteris	13	0,15		20,09	
	12	0,16		21,07	
	11	0,15		22,03	
	10	0,18		22,96	
	9	0,19		23,85	
	8	0,21		24,76	
	7	0,23		25,67	
	6	0,26	0,05	26,58	0,11
	5	0,33		27,49	
	4	0,35		28,42	
	3	0,49		29,29	
	2	0,60		29,91	
	1	0,93		30,04	
	Z	1,84		28,57	
	B	0,00		0,00	
ORTALAMA		0,43		25,77	
Hendry	13	31,83		37,00	
	12	32,63		39,01	
	11	33,18		40,93	
	10	33,68		42,76	
	9	34,23		44,55	
	8	34,82		46,32	
	7	35,50		48,13	
	6	36,32	15,05	49,95	0,22
	5	37,32		51,83	
	4	38,53		53,68	
	3	40,02		55,56	
	2	42,00		57,23	
	1	45,09		58,30	
	Z	51,49		56,90	
	B	14,29		0,00	
ORTALAMA		37,62		48,72	

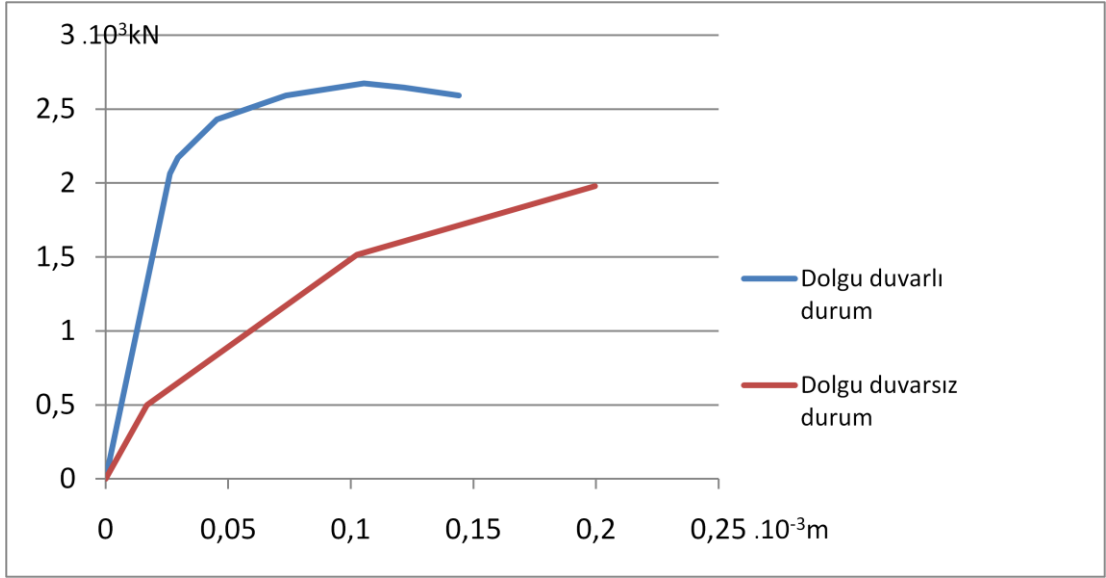
Çizelge 7. 4 Devamı

		X		Y	
		$\Delta(\%)$	T(%)	$\Delta(\%)$	T(%)
E l - D a k h a k h n i	13	6,17		26,13	
	12	6,78		27,41	
	11	7,33		28,68	
	10	7,83		29,88	
	9	8,35		31,05	
	8	8,89		32,25	
	7	9,51		33,40	
	6	10,23	14,40	34,60	0,00
	5	11,12		35,81	
	4	12,14		36,97	
	3	13,39		38,08	
	2	14,93		38,96	
	1	17,17		39,13	
	Z	21,15		36,95	
	B	14,29		0,00	
ORTALAMA		11,07		33,52	

5. Bölüm 6’da anlatıldığı gibi sistemin doğrusal olmayan davranışı dikkate alınmış ve bu bağlamda taban kesme kuvvetinin çatı katı yer değiştirmesine bağlı değişimi olan itme analizi eğrileri verilmiştir. Şekil 6.17-6.18 ve Şekil 6.20-21’de verilen eğrilerin yapının yatay yükler altında enerji yutma kapasitelerini ifade edeceği dikkate alınır, her iki yönde dolgu duvarlı modellerin dolgu duvarlı modellerle oranla daha fazla enerji yutabildiği söylenebilir (Şekil 7.1-2). Ayrıca dolgu duvarların numerik modelde dikkate alınması durumunda taban kesme kuvvetlerini de artırdığı görülmektedir. Ancak tabiki bu artırımlar duvar alanlarının fazla olduğu Y-Y doğrultusunda daha belirgin olarak göze çarpmaktadır (Şekil 7.2).



Şekil 7. 1 X - X yönünde karşılaştırmalı taban kesme kuvveti - yer değiştirme grafiği



Şekil 7. 2 Y - Y yönünde karşılaştırmalı taban kesme kuvveti - yer değiştirme grafiği

6. Şekil 6.23 ve 6.24'den de görüldüğü gibi, zemin kat duvarları numerik modele dahil edilmediği için ilk plastik mafsallar bu kat kiriş ve ağırlıklı olarak kolon uçlarında oluşmuş, diğer katlarda yeterince plastik mafsall oluşmadan zemin kat zayıf kaldığı için yumuşak kat olayı meydana gelerek yapı mekanizma durumuna ulaşmıştır. Deprem enerjisinin ağırlıklı olarak plastik mafsallarda tüketileceği düşünülecek olursa, diğer katlarda plastik mafsalların oluşamamış olması tasarım depremi için ön görülen deprem kuvvetinin tamamının yapı tarafından güvenle taşınmadığı ve mekanizma modunun gevrek kırılmayı işaret edeceği anlamına gelmektedir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, dolgu duvarların yapısal davranışa etkisinin ihmal edilmeyecek oranda olduğu, önerilen eşdeğer basınç çubukları ile numerik modellerin mikro modellere oranla daha kolay oluşturulabileceği görülmüştür. Ancak burada dikkat edilecek konu, dolgu duvarların sadece eksenel kuvvet aktaran elamanlar olarak modellenmesi gerektiği, eksenel çekme durumunda rijitliklerinin olmayacağıdır. Bu bağlamda dolgu duvarlar için oluşturulacak numerik modelde, duvarların yatay kuvvetin yönüne uygun eksenel basınç altında kalacak şekilde çubuk eşdeğeri belirlenecek, eksenel çekme durumundaki elemanlar modele dahil edilmeyecektir.

Düzlemsel çerçeve ve 3 boyutlu yapı analizleri incelendiğinde, A.Hendry tarafından önerilen eşdeğer basınç çubuğu modelinin, diğer modellere göre oldukça farklı sonuçlar verdiği görülmüştür. A.Hendry tarafından önerilen model, yapıyı oldukça rijitleştirmekte; dolayısıyla elde edilen periyot ve yer değiştirme değerleri oldukça düşük çıkmaktadır. Bunun sebebi olarak, mevcut bağıntılardan elde edilen eşdeğer basınç çubuğu etkili genişliğinin, diğer modellerde elde edilen değerlerden oldukça büyük olarak tahmin edilmesi gösterilebilir.

Şekil 6.23 ve 6.24’de görülen ve istenmeyen bir kırılma türü olarak ortaya çıkan gevrek kırılmanın ve hali ile yumuşak kat olayının önlenmesi açısından sistemin rijitliğini artıran dolgu duvarların yapı davranışına etkileri her katta dikkate alınacak şekilde duvarlar numerik modele dahil edilmelidir.

Ayrıca duvarın malzeme özelliklerin doğru bir şekilde belirlenmesi gereklidir; yapının yatay yükler altında yer değiştirme istemlerini değiştirecek olan elastisite modülü oldukça önem kazanmaktadır. Duvarı oluşturan tuğla ve harç malzemelerine ait malzeme parametrelerinin belirlenmesi bir sonraki çalışma konusu olarak düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Al-Chaar, G., Issa, M., Sweeney, S., (2002), "Behavior of Masonry- Infilled Nonductile Reinforced Concrete Frames", Journal of Structural Engineering, ASCE, 128(8):1055-1063.
- Amrhein, J. E., Anderson, J., Robles, V., (1985), "Mexico Earthquake- September 1985", The Masonry Society Journal, 4(2):12-17.
- Angel, R., Abrams, D., Shapiro, D., Uzarski, J., Webster, M., (1994), "Behaviour of Reinforced Concrete Frames With Masonry Infills", Report No. UILU-ENG-94-2005, Department of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL, USA.
- Asteris, P. G., (2003), "Lateral Stiffness of Brick Masonry Infilled Plane Frames", Journal of Structural Engineering, ASCE, Ağustos 2003.
- Asteris, P. G., (2008), "Finite Element Micro-Modeling of Infilled Frames", Electronic Journal of Structural Engineering, 8:1-4.
- ATC-40, (1996), Applied Technology Council, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Vol 1., Washington, DC., USA.
- Beklen, C., (2009), "Binalarda Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Binici, B. ve Özcebe, G., (2006), "Seismic Evaluation Of Infilled Reinforced Concrete Frames Strengthened With FRPs", Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, April 18-22, San Francisco, California, ABD, paper no.:1717.
- Chen, W. F., (1982), "Plasticity in Reinforced Concrete", McGraw-Hill Book, New York, NY.
- Chrysostomou, C.Z., (1991), "Effects of Degrading Infill Walls on the Nonlinear Seismic Response of Two-Dimensional Steel Frames", Doktora Tezi, Cornell Üniversitesi
- Dhanasekar, M. ve Page, A.W., (1986), "Influence of Brick Masonry Infill Properties on the Behavior of Infilled Frames", Proceedings of the Institute of Civil Engineers, London, 2(81):593-605.
- DBYYHY, (2007), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Mayıs 2007.
- Doran, B., (2001), "Boşluklu Perdelerin Elastoplastik Analizi", Doktora Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001.
- El-Dakhakhni, W. W., Elgaaly, M. ve Hamid A. A., (2003), "Three-Strut Model for Concrete Masonry-Infilled Steel Frames", Journal Of Structural Engineering, Şubat 2003, 129(2):177-185
- Erdem, I., (2003), "Strengthening of Existing Reinforced Concrete Frames", Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.
- Ersoy, U. (1998), "Betonarme Kiriş ve Kolonların Moment Kapasitelerinin Hesaplanması", İMO Teknik Dergi.
- Fiorato, A. E., Sozen, M. A., Gamble, W. L., (1970), "An Investigation Of The Interaction Of Reinforced Concrete Frames With Masonry Filler Walls", Report UILU-ENG-70-100, Department of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana-Champaign IL, USA.

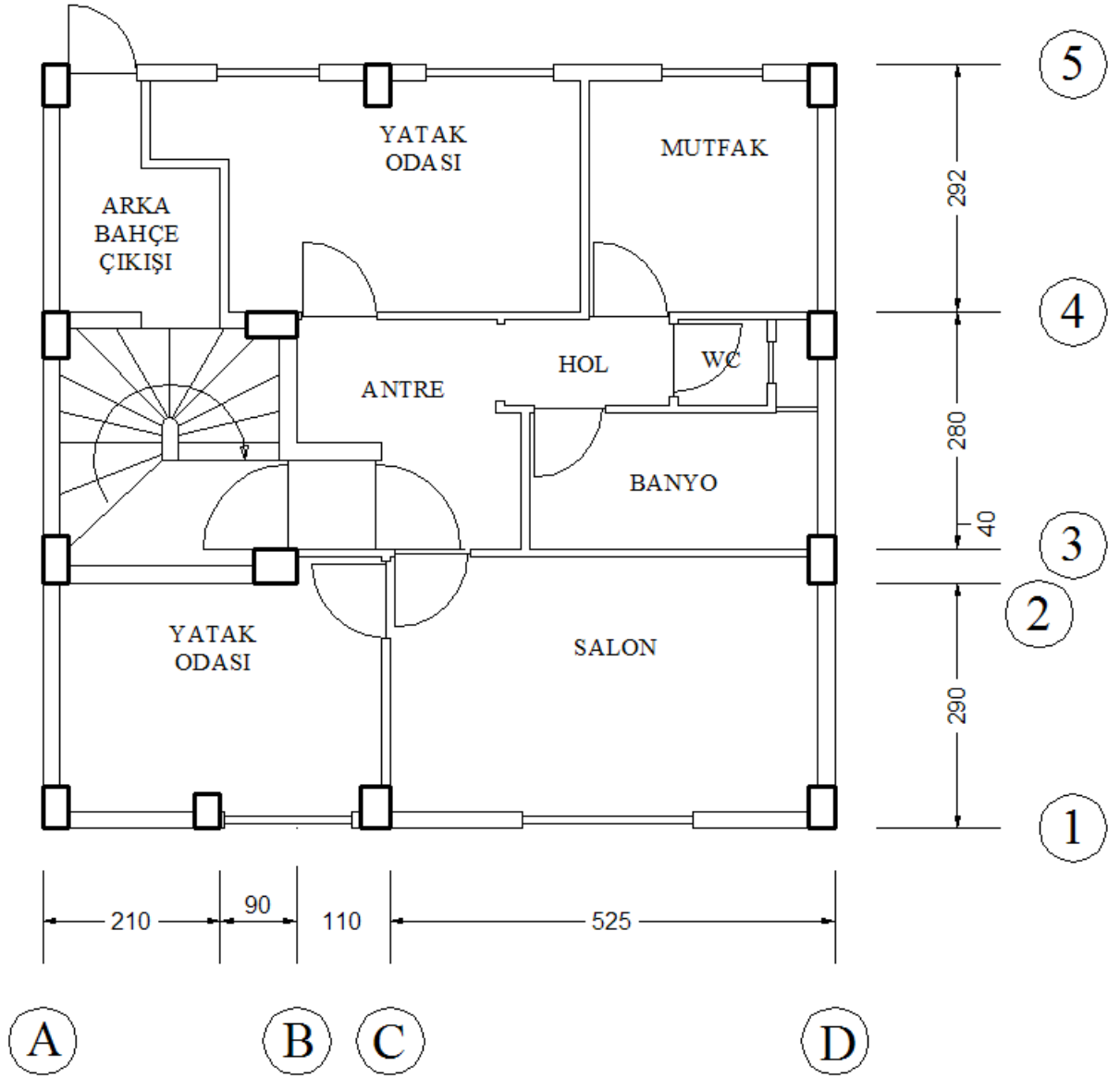
- Flanagan, R. D. Bennett, R. M., (1999), "In-Plane Behaviour of Structural Clay Tile Infilled Frames", *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, 125(6):590-599
- Güney, M. E., (2005), A Numerical Procedure For The Nonlinear Analysis Of Reinforced Concrete Frames With Infill Walls, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Hendry, A., (1981), "Structural Brickwork", Macmillan, London.
- Hendry, A. W., (1990), "Structural Masonry", MacMillan Education, Ltd., London.
- Holmes, M., (1961), "Steel Frames With Brickwork and Concrete Infilling", *Proceedings of the Institute of Civil Engineers, London, Part 2*, 19:473-478.
- İnel, M., Bilgin, H., Özmen, H. B., (2007), "Orta Yükseklikteki Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Afet Yönetmeliğine Göre Tayini", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 13, sayı 1, 81-89.
- Kadir, M.R.A., (1974), "The Structural Behaviour of Masonry Infill Panels in Framed Structures", *Doktora Tezi, Edinburgh Üniversitesi*.
- Karadoğan, H. F., Pala, S., İlki, A., Yüksel, E., Mowrtage, W., Teymur, P., Erol, G., Taşkın, K. ve Çömlek R., (2009), "Improved Infill Walls and Rehabilitation of Existing Low Rise Buildings", *Seismic Risk Assessment and Retrofitting, Geotechnical, Geological, and Earthquake Engineering*, 03 Ocak 2009, 387-426.
- Karşlıoğlu, Ö., (2005), "Çok Katlı Binalarda Bulunan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Korkmaz, K. A., Demir, F. ve Sivri, M., (2007), "Earthquake Assessment of R/C Structures with Masonry Infill Walls", *International Journal of Science & Technology*, 2(2):155-164.
- Köse, M. M. ve Karşlıoğlu, Ö., (2007), "Dolgu Duvarların Bina Doğal Modal Periyot ve Mod Şekline Olan Etkileri", *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
- Liauw, T.C. and Kwan, K.H., (1984), "Nonlinear Behaviour of Non-Integral Infilled Frames", *Comp. and Struct.*, 18:551-560.
- Madan, A., Reinhorn, A. M., Mander, J. B., Valles, R. E., (1997), "Modelling of Masonry Infill Panels for Structural Analysis", *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, 123(10):1295-1302
- Mainstone, R. J., (1971), "On The Stiffnesses And Strengths of Infilled Frames", *Proceedings of the Institute of Civil Engineers, Supp. (iv)*:57-90.
- Mainstone, R. J., Weeks, G. A., (1970), "The Influence of Bounding Frame on the Racking Stiffness And Strength of Brick Walls", *Proceedings of the 2nd International Conference on Brick Masonry, Stoke-on-Trent, UK*, 165-171.
- Mallick, D.V. ve Severn, R.T., (1967), "The Behaviour of Infilled Frames Under Static Loading", *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, 38:639-656.
- Mallick, D.V. ve Garg, R.P., (1971), "Effect of Openings on the Lateral Stiffness of Infilled Frames", *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, 49:193-209.

- May, I. M., Naji, J.H., (1991), "Nonlinear Analysis of Infilled Frames Under Monotonic and Cyclic Loading", *Computer and Structures*, 38(2): 149-160.
- Mehrabi, A. B., Shing, P. B., Schuller, M. P., Noland, J. L., (1994), "Performance Of Masonry-Infilled R/C Frames Under In-Plane Lateral Loads", Report CU/SR-94-6; Department of Civil, Environmental, and Architectural Engineering, University of Colorado, Boulder CO, USA.
- Mehrabi, A. B., Shing, P. B., Schuller, M. P., Noland, J. L., (1996), "Experimental Evaluation of Masonry-Infilled RC Frames", *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, 122(3):228-237
- Mevcut Yapıların İncelenmesi ve Yapı Denetimi Komisyonu Raporu, T.C Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Deprem Şurası, 2004.
- Paulay, T. ve Priestley, M. J. N., (1992), "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings", John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Polyakov, S.V., (1960), "On The Interaction Between Masonry Filler Walls And Enclosing Frame When Loading In The Plane Of The Wall", Translation in *Earthquake Engineering, Earthquake Engineering Research Insitute*, San Francisco, 36-42.
- Saneinejad, A. ve Hobbs, B., (1995), "Inelastic Design of Infilled Frames", *Journal of Structural Engineering*, 121(4):634-649.
- SAP2000 Advanced V.14, Computer & Structures, Inc., Berkeley, California, 2009.
- Sayın, B. ve Kaplan A., (2005), "Deprem Etkisi Altındaki Betonarme Yapılarda Dolgu Duvarların Modellenme Teknikleri", *Deprem Sempozyumu*, 23-25 Mart 2005, Kocaeli.
- Shing, P. B., ve Mehrabi, B., (2002), "Behaviour and Analysis of Masonry Infilled Frames", *Progress in Structural Engineering and Materials*, 4:320-331.
- Smith, B.S., (1966), "Behaviour of Square Infilled Frames", *Journal of Structural Division, ASCE*, ST1, 381-403.
- Smith, B.S. ve Carter, C., (1969), "A Method of Analysis for Infilled Frames", *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, 44:31-48.
- Standart Association Of New Zealand, (1990), *Code of Practice for the Design of Masonry Structures*, NZS 4230: Part 1, Wellington.
- Tekin M., Alsancak, E. ve Ay, M., (2007), "Betonarme Çerçevelerde Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi", *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*.
- TS500, (2000), *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Şubat 2000.
- Wood, R. H., (1978), "Plasticity, Composite Action And Collapse Design Of Unreinforced Shear Wall Panels In Frames", *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, 65(2):381-411

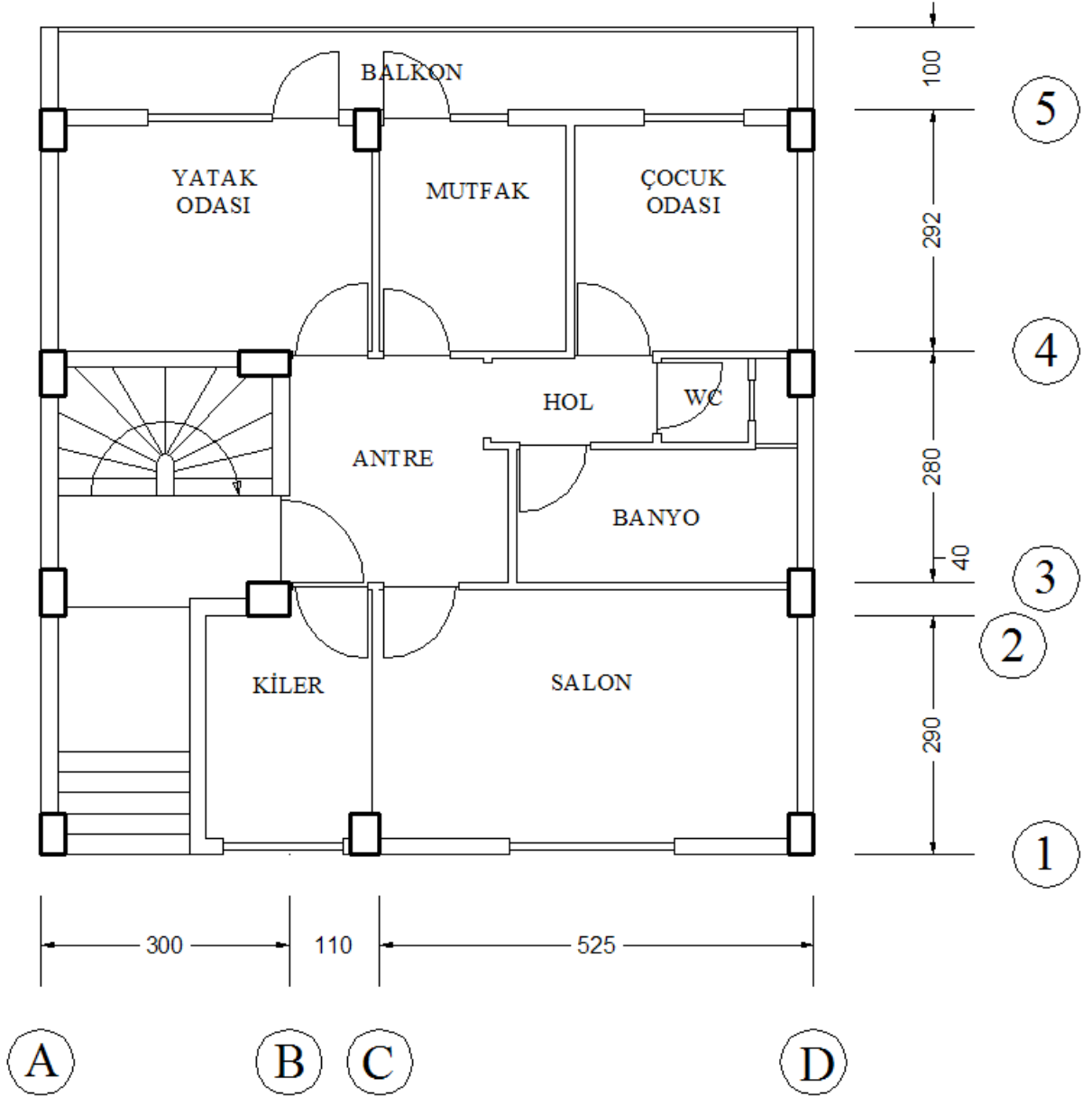
EKLER

- Ek 1 Mevcut Binanın Bodrum Kat Planı
- Ek 2 Mevcut Binanın Zemin Kat Planı
- Ek 3 Mevcut Binanın 1. ve 2. Normal Kat Planı
- Ek 4 Mevcut Binanın 3. Normal Kat Planı
- Ek 5 Mevcut Binanın Bodrum Kat Kalıp Planı
- Ek 6 Mevcut Binanın Zemin, 1. ve 2. Normal Kat Kalıp Planı
- Ek 7 Mevcut Binanın 3. Normal Kat Kalıp Planı
- Ek 8 Mevcut Binanın Bodrum Kat Kolon Aplikasyon Planı
- Ek 9 Mevcut Binanın Normal Kat Kolon Aplikasyon Planı

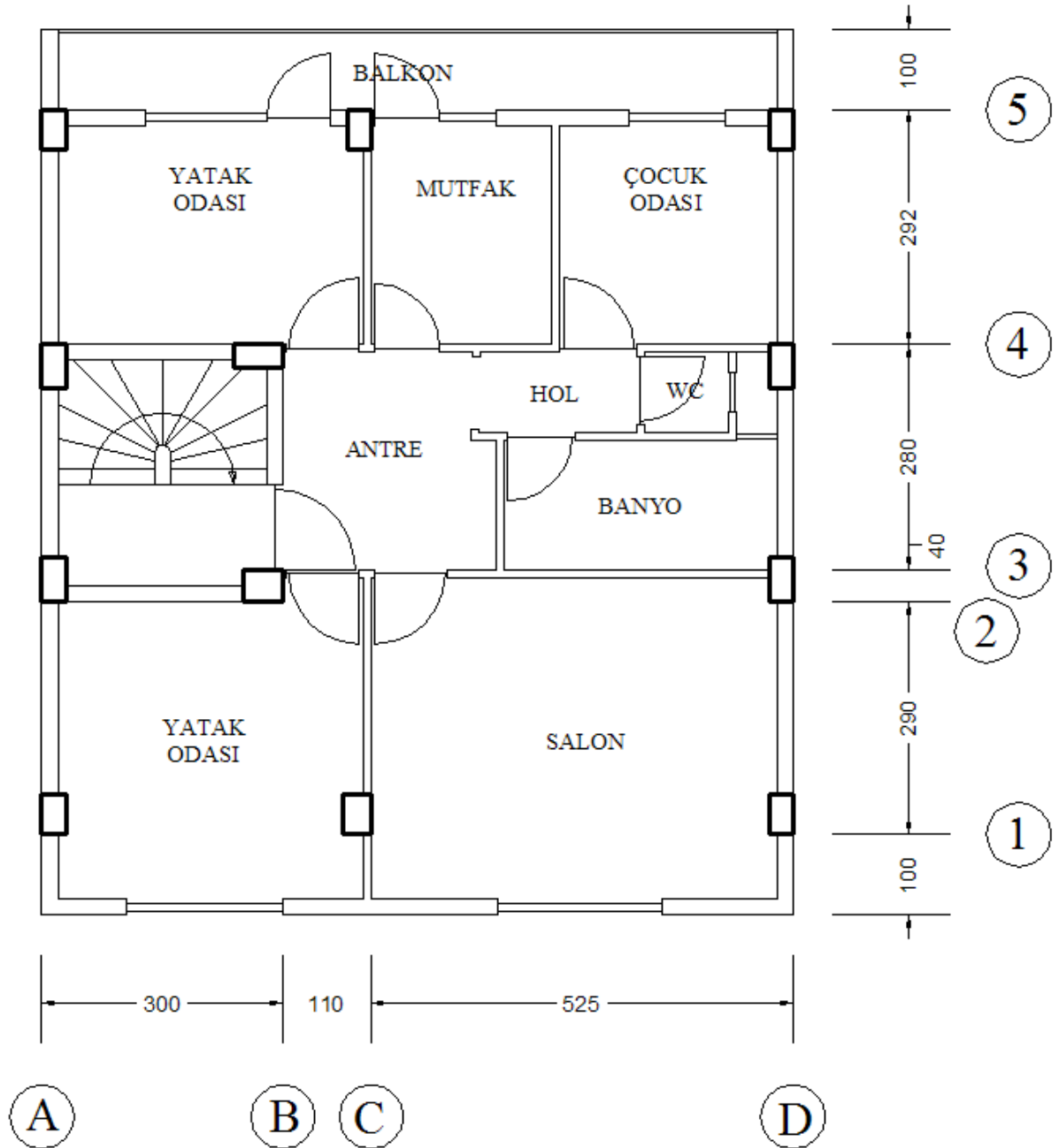
Ek 1 Mevcut Binanın Bodrum Kat Planı



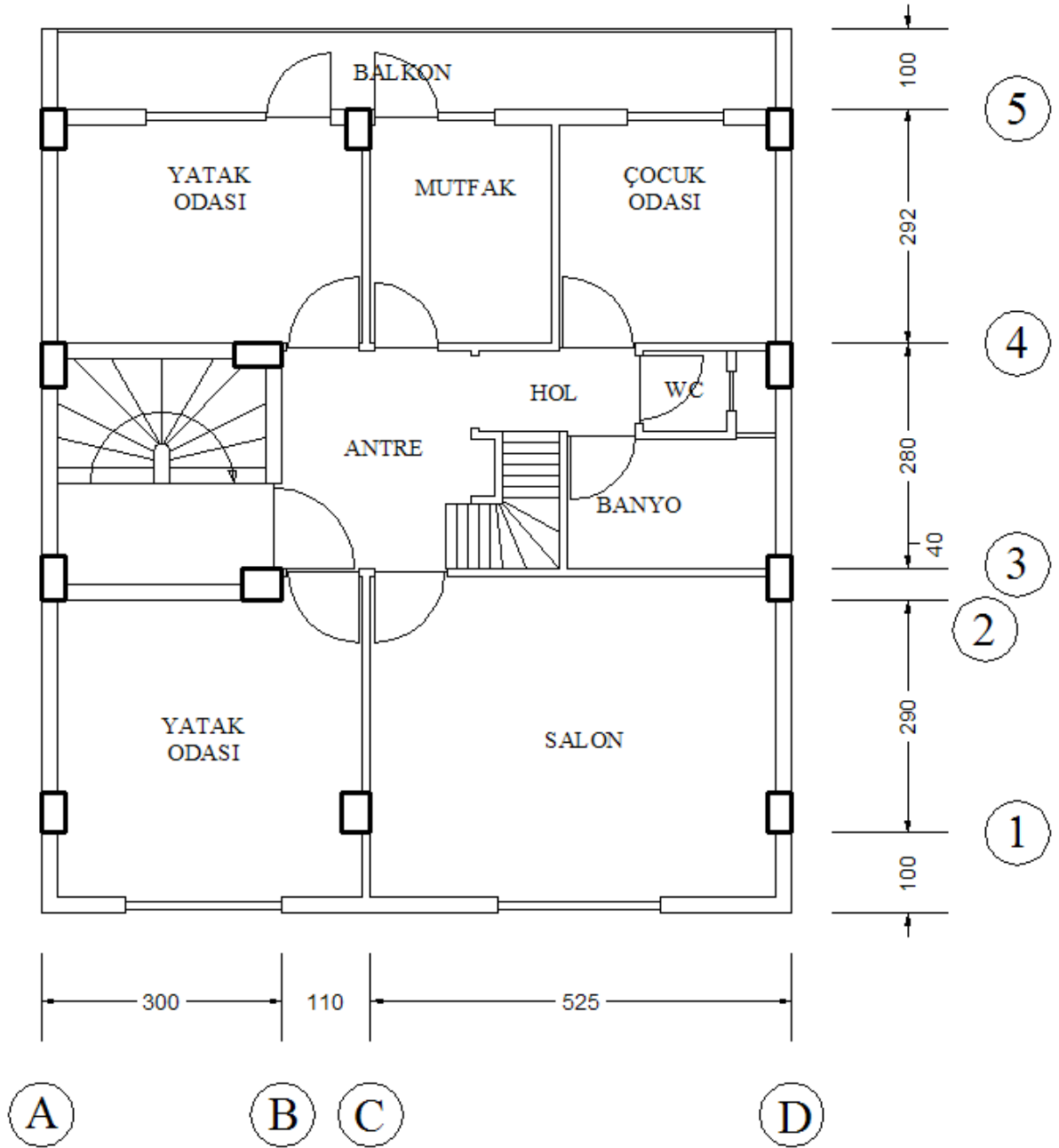
Ek 2 Mevcut Binanın Zemin Kat Planı



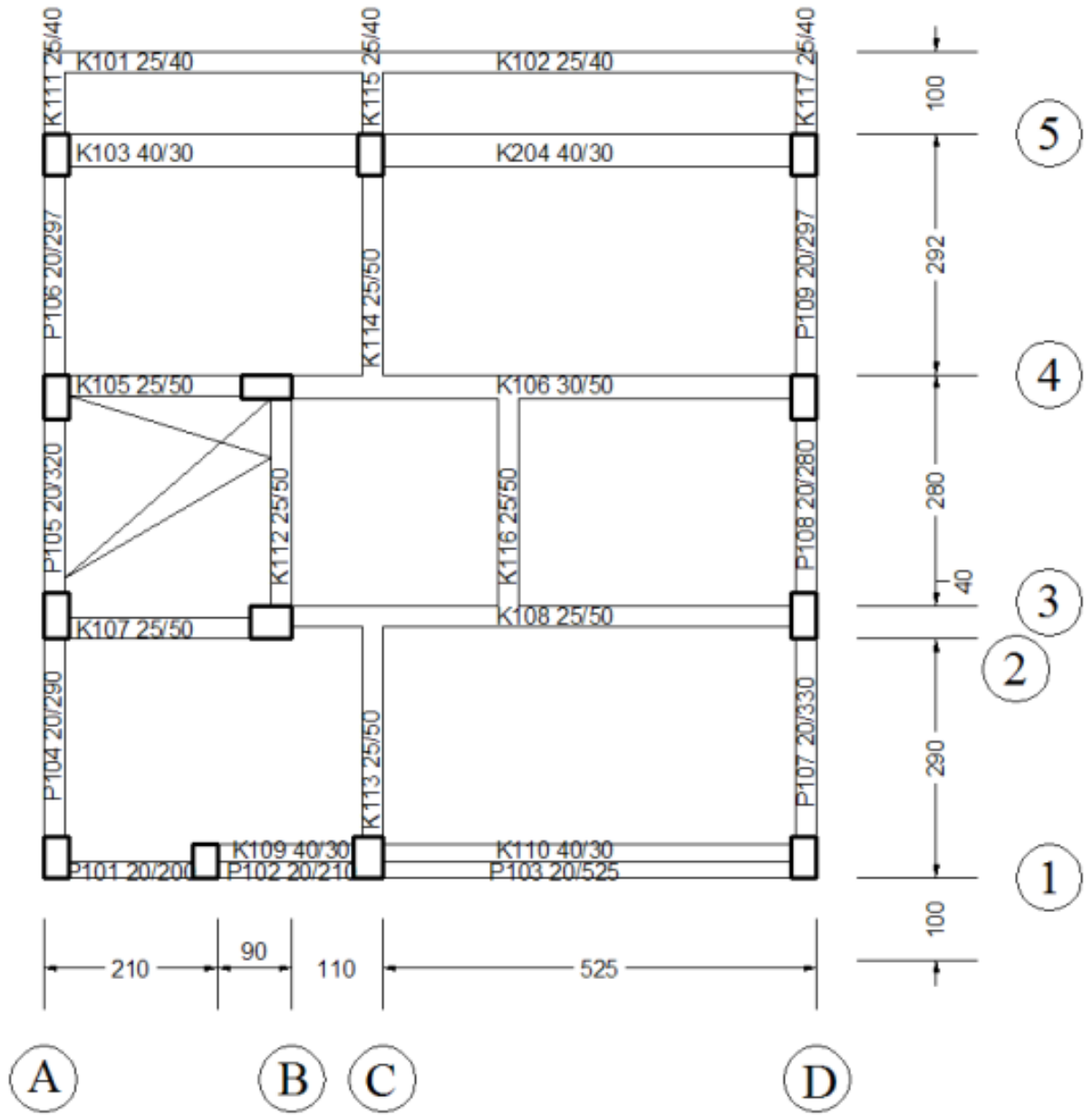
Ek 3 Mevcut Binanın 1. ve 2. Normal Kat Planı



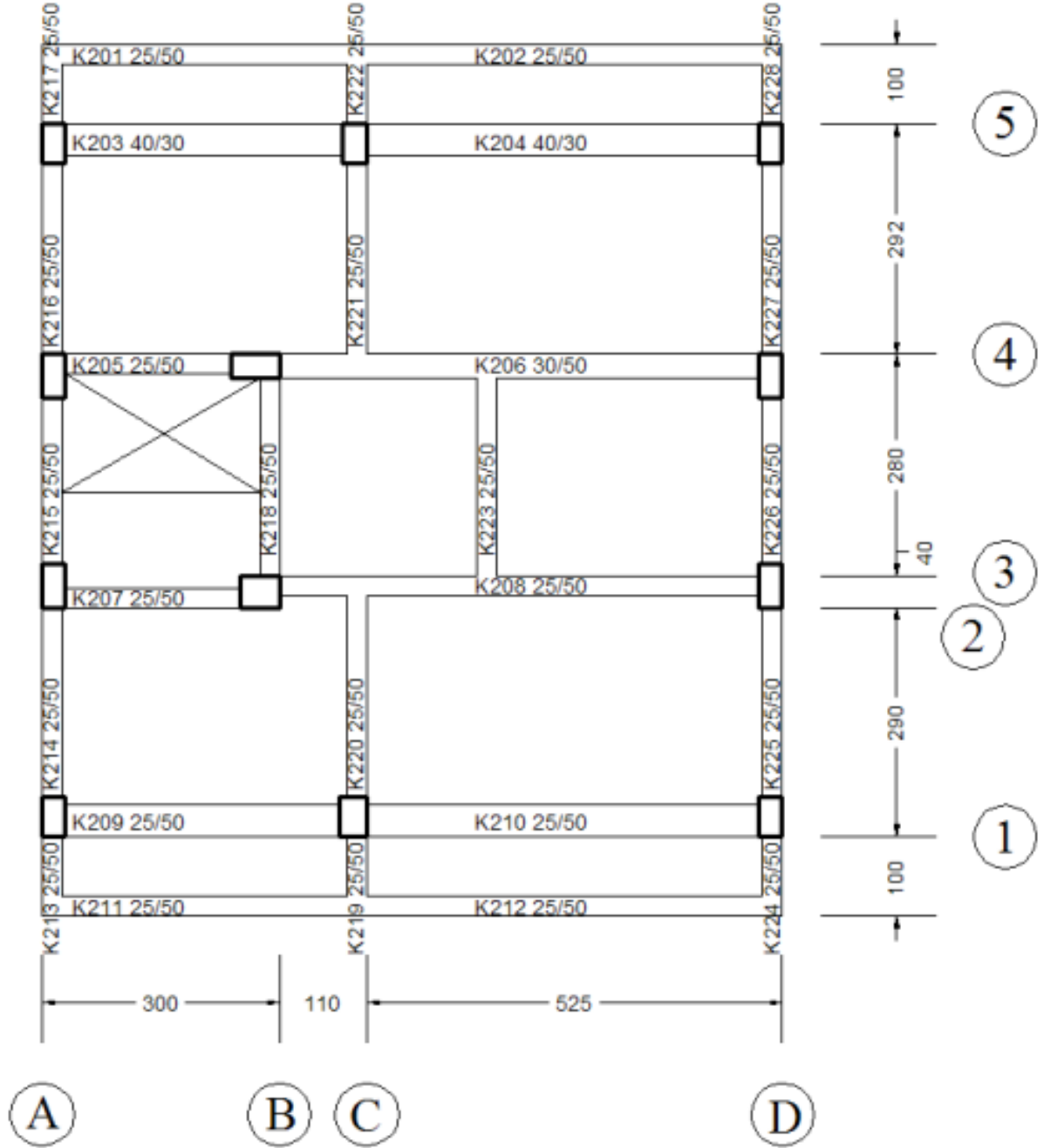
Ek 4 Mevcut Binanın 3. Normal Kat Planı



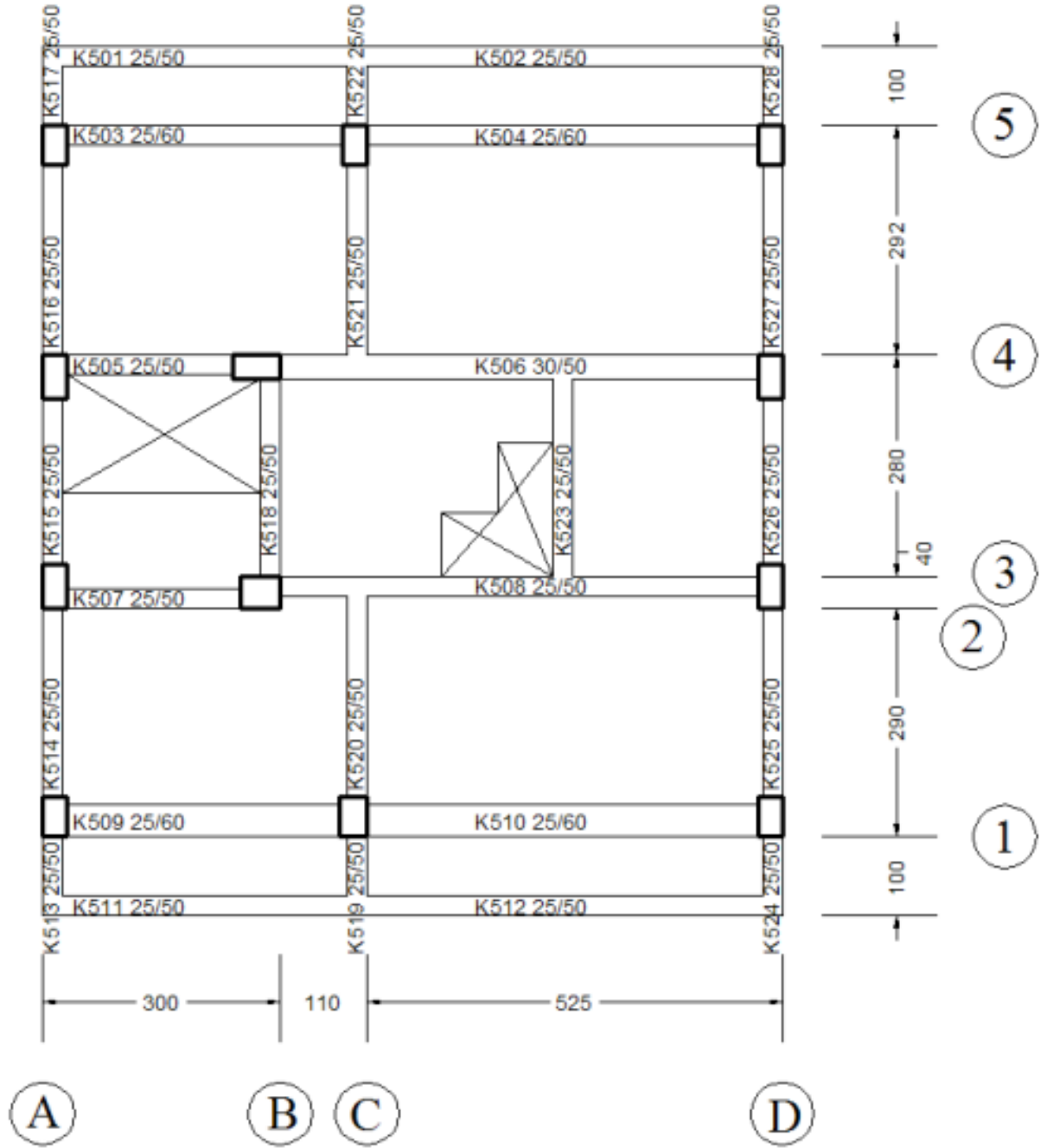
Ek 5 Mevcut Binanın Bodrum Kat Kalıp Planı



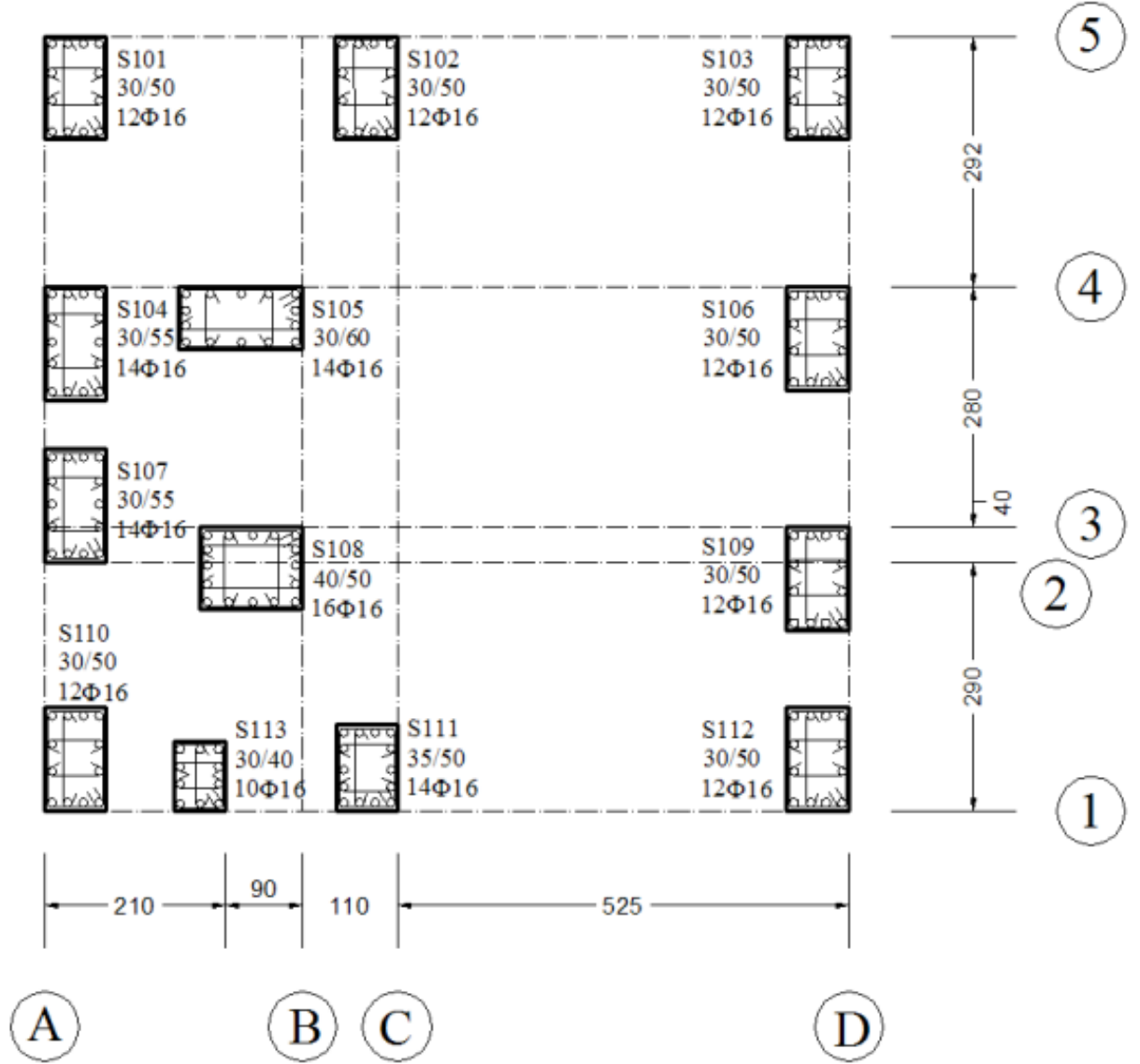
Ek 6 Mevcut Binanın Zemin, 1. ve 2. Normal Kat Kalıp Planı

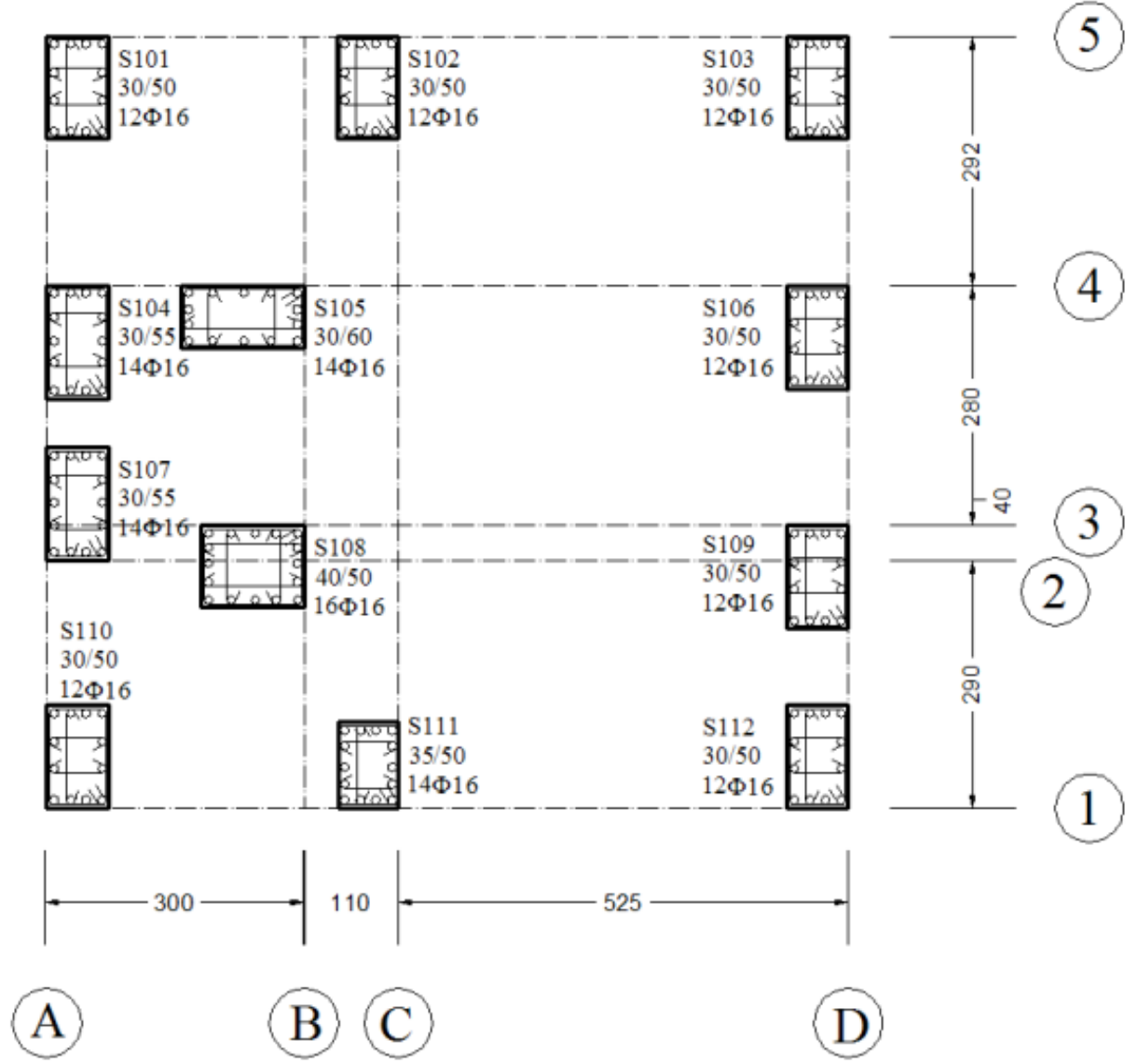


Ek 7 Mevcut Binanın 3. Normal Kat Kalıp Planı



Ek 8 Mevcut Binanın Bodrum Kat Kolon Aplikasyon Planı



Ek 9 Mevcut Binanın Normal Kat Kolon Aplikasyon Planı

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 13.08.1984

Doğum yeri İstanbul

Lise 1995 – 2002 İstanbul Köy Hizmetleri Anadolu Lisesi

Lisans 2002 – 2006 Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı Kurumlar

2006 - Devam ediyor Merkez Yapı Denetim Ltd. Şti.
Kontrol Mühendisi