

**BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMLERDE
DOLGU DUVARLARIN DEPREM DAVRANIŞINA
KATKISI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Recep PEYNİRCİ

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Ali ERGÜN

YAPI EĞİTİMİ

AĞUSTOS 2007

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMLERDE DOLGU DUVARLARIN DEPREM
DAVRANIŞINA KATKISI**

Recep PEYNİRCİ

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Ali ERGÜN

YAPI EĞİTİMİ

Ağustos 2007

ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Ali ERGÜN danışmanlığında,
Recep PEYNİRCİ tarafından hazırlanan

BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMLERDE DOLGU DUVARLARIN DEPREM DAVRANIŞINA KATKISI

başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca

03/08/2007

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından

Yapı Eğitimi Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Prof. Dr. Süleyman TAŞGETİREN	
Üye	Yrd.Doç. Dr. Ali ERGÜN	
Üye	Yrd.Doç. Dr. Osman ÜNAL	

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetin Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zehra BOZKURT
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Davranışları	3
2.1.1 Dolgu Duvarların Dayanımı	3
2.1.2 Yük Taşıma Kapasitesi	4
2.1.3 Rijitlik	5
2.1.4 Süneklik	7
2.1.5 Enerji Yutma Özelliği	9
2.1.6 Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Yatay Yük Altında Davranışları	10
2.2 Literatür Çalışmaları	14
3. MATERYAL VE METOD	21
3.1 Dolgu Duvar Modellemesi	34
3.1.1 Tuğla Dolgu Duvar Modellenmesi	22
3.1.2 Gazbeton Dolgu Duvar Modellenmesi	23
3.2 Analiz Yöntemleri	25
3.2.1 Lineer Analiz	25
3.2.2 Nonlineer Analiz	26
3.2.2.1 Nonlineer Davranış Modellemesinde Plastik Mafsal (Hinge) Özellikleri	27
3.3 Betonarme Binaların Deprem Performansının Belirlenmesinde Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme İlkeleri	30
3.3.1 Dayanım ve Kuvvet Bazlı Değerlendirme	30

3.3.2 Yer Değiştirme ve Şekil Değiştirme Bazlı Değerlendirme	31
3.4 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	31
3.4.1 Kesit Hasar Sınırları	31
3.4.2 Kesit Hasar Bölgeleri	31
3.5 Bina Deprem Performans Seviyesi	32
3.6 Modelleme Örnekleri	35
3.6.1 Örnek 1	36
3.6.1.1 Dolgu Duvarın Modellenme Parametreleri	37
3.6.2 Örnek 2	39
3.6.2.1 Dolgu Duvarın Modellenme Parametreleri	40
3.6.3 Örnek 3	42
3.6.3.1 Dolgu Duvarın Modelleme Parametreleri	43
4. BULGULAR	45
4.1 Örnek 1	45
4.1.1 Lineer Analiz	45
4.1.2 Nonlineer Analiz	48
4.2 Örnek 2	55
4.2.1 Lineer Analiz	55
4.2.2 Nonlineer Analiz	58
4.3 Örnek 3	66
4.3.1 Lineer Analiz	66
4.3.2 Nonlineer Analiz	69
4.4 Genel Bulgular	76
5. SONUÇLAR	79
6. KAYNAKLAR	82
ÖZGEÇMİŞ	86

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMLERDE DOLGU DUVARLARIN DEPREM DAVRANIŞINA KATKISI

Recep PEYNİRCİ

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Eğitimi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ali ERGÜN

Bu çalışmada betonarme karkas binalarda genellikle yatay yükler altında hesaba dahil edilmeyen dolgu duvarların deprem etkisi altındaki, etkisinin değerlendirilmesi incelenmiştir. Bu amaç kapsamında, dolgu duvarsız çerçeve, tuğla dolgu duvarlı çerçeve ve gazbeton dolgu duvarlı üç farklı çerçeve sisteminin DBYBHY'e göre tasarım deprem kuvvetleri altında 3 tip örnek ile çözümü yapılmıştır. Öncelikle STA4-CAD programında modellenmiş ve betonarme çözümü yapılmış çerçeve sistemleri elde edilen değerler yardımıyla SAP 2000 programında modellenmesiyle, lineer analiz ve nonlineer analizleri yapılmış ve bu üç çerçeve sisteminde etkiler karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre dolgu duvarların dikkate alınmasıyla yapının performansının ve rijitliğinin daha da arttığı, deprem anında binaya olumlu davranış sergilediği sonucuna varılmıştır.

2007, 86 Sayfa

Anahtar kelimeler: Dolgu Duvarlı Betonarme Yapılar, Lineer Analiz, Nonlineer Analiz

ABSTRACT

M.Sc.Thesis

CONTRIBUTION OF INFILLING WALLS TO THE EARTHQUAKE BEHAVIOR IN REINFORCED CONCRETE FRAME SYSTEMS

Recep PEYNIRCI

**Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Education of Construction**

Supervisor: Assistant Prof. Dr. Ali ERGUN

In this study, the effect of infilling masonry walls, which are not accounted for in the Reinforced Concrete (R/C) structure design, was investigated in R/C frame systems under lateral loads. For this purpose, three different frame systems including bare frame, the frame with bricks infilling masonry walls and the frame with gasconcrete block infilling masonry walls were analyzed under earthquake design loads according to DBYBHY as linear and nonlinear using SAP 2000 programme. The obtained from analysis results were compared with each other systems. The performance and rigidity of structure having infilling masonry walls increased and these were exhibited positive behavior under seismic loads compared to structure having bare frame.

2007, 86 Page

Keywords: R/C Structures with Infilling walls, linear analysis, Nonlinear analysis.

TEŐEKKÖR

Bilgileriyle bana büyük yardımı olan değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ali ERGÖN'e, tezimi hazırlamamda sonuz yardımcı kaynağım olan STA Mühendislik ve Müőavirlik Ltd. Őirketi'ne, tecrübesiyle bana kaynak sağlayan Taner İnşaat San. ve Tic. Ltd. Őirketi yönetim kurulu başkanı Sayın Mehmet TANER ve ęalıőanlarına, yüksek lisans eğitimine beni kabul eden değerli tüm bölüm hocalarıma, yardımlarını hiç esirgemeyen değerli sıra arkadaşlarım Hakan AKBABA ve Sedat ÇETİN'e ve ayrıca maddi ve manevi hiçbir desteklerini esirgemeyen kıymetli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Recep PEYNİRCİ

AFYONKARAHİSAR, Ağustos 2007

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

β	Kırılma dayanımı
w	Sanal basınç çubuğunun genişliği
h_{col}	Kolonun yüksekliği
L_{inf}	Dolgu duvar boyu
h_{inf}	Dolgu duvar yüksekliği
t_{inf}	Dolgu duvar kalınlığı
E_{me}	Dolgu duvarın elastisite modülü
E_{fe}	Kolonun elastisite modülü
I_{col}	Kolonun atalet momenti
ϕ	Sanal basınç çubuğunun yataydaki açısı
α	Akma sonrası rijitliğin, başlangıç rijitliğine oranı
μ	Süneklik
Δ_u	Toplam yerdeğiştirme
Δ_y	Elastik sınıra erişildiğindeki yerdeğiştirme
f'_m	Duvar prizma dayanımı
ε'_m	İlgili şekil değiştirme miktarı
V	Duvar başlangıç basınç dayanımı
A_d	Eşdeğer bant alanı
l_d	Eşdeğer bant boyu
K_d	Duvar başlangıç rijitliği
$(f_c)_T$	Dolgu duvarın basınç dayanımı
Vt	Taban kesme kuvveti
Nç	Basınç çatlama dayanımı
Nmax	Maksimum basınç dayanımı
Nmin	Minimum basınç dayanımı
Δu	Maksimum basınç dayanımına karşılık gelen plastik kısalma değeri
$\Delta u'$	Minimum basınç dayanımına karşılık gelen plastik kısalma değeri

2. Kısaltmalar

ABYYHY,97	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik 1997
DBYBHY,07	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
FEMA	Federal Acil Yönetim Temsilcisi
TS 4563	Türk Standartları 4563 nolu Yatay Delikli Tuğla
MH	Minimum Hasar
BH	Belirgin Hasar
İH	İleri Hasar
GB	Göçme Bölgesi
IO	Hemen Kullanım Performans Seviyesi
LS	Can Güvenliği Performans Seviyesi
PS	Göçmenin Önlendiği Performans Seviyesi
CP	Göçme Durumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Şekil No	Sayfa No
Şekil 2.1	Beton blok ve çimento harcı ile örülen dolgu duvar için kırılma dayanımı - β oranı eğrileri	4
Şekil 2.2	Tekrarlı ve yön değiştiren yüklemenin değişimi	4
Şekil 2.3	Dolgu duvarlı çerçevenin yatay yük altında, dolgudan ayrılma noktaları ve sanal basınç çubuğunu oluşumu	5
Şekil 2.4	Eşdeğer sanal basınç çubuğunun oluşumu	6
Şekil 2.5	Yük-Yerdeğiştirme bağıntısı	8
Şekil 2.6	Tekrarlı ve yön değiştiren yükleme etkisinde sünekliklerin karşılaştırılması	9
Şekil 2.7	Tekrarlı ve yön değiştiren yükleme etkisinde yutulan toplam enerji miktarının karşılaştırılması	9
Şekil 2.8	Duvar için bilineer davranış modeli	10
Şekil 2.9	Dolgu duvarlı çerçevenin yatay yük altındaki davranışı	12
Şekil 2.10	Çapraz gerilme sonucu oluşan orta şiddetteki çatlak	12
Şekil 2.11	Zemin katı dolgu duvarsız bir binanın deprem sonrası görüntüsü	13
Şekil 2.12	Zemin katı dolgu duvarsız bir binanın deprem sonrası görüntüsü	14
Şekil 3.1	Dolgu duvarsız (a) ve dolgu duvarlı (b) çerçeve sistemi	22
Şekil 3.2	Z1 zemin sınıfına ait spektrum eğrisi	25
Şekil 3.3	Birleşim noktasında kiriş elemanında oluşan plastik mafsallın şematik gösterimi	27
Şekil 3.4	Çerçeve türü yapıda oluşan plastik mafsallar	28
Şekil 3.5	Kolon ve kirişler için tanımlanan moment-plastik dönme ilişkisi	29
Şekil 3.6	Dolgu duvarlar için tanımlanan kuvvet -yerdeğiştirme ilişkisi	29
Şekil 3.7	Sap 2000’de kolon için tanımlanan plastik mafsall özelliği	30
Şekil 3.8	Kesit hasar sınırları ve bölgeleri	32
Şekil 3.9	Yapı elemanları için yük-yerdeğiştirme ilişkisi	33
Şekil 3.10	Örnek 1’in kat kalıp planı	36

Şekil 3.11	Örnek 1'in dolgunsuz çerçevenin SAP 2000'deki görüntüsü	38
Şekil 3.12	Örnek 2'nin kat kalıp planı	39
Şekil 3.13	Örnek 2'nin dolgu duvarlı çerçevenin SAP 2000 deki modellenmiş görüntüsü	41
Şekil 3.14	Örnek 3'ün kat kalıp planı	42
Şekil 3.15	Örnek 3'ün Dolgu duvarlı çerçevenin SAP 2000 deki modellenmiş görüntüsü	44
Şekil 4.1	X yönünde oluşan yerdeğiştirmeler	47
Şekil 4.2	Örnek 1'e ait dolgu duvarsız çerçeve sisteminin performans eğrisi	49
Şekil 4.3	Örnek 1'e ait tuğla dolgu duvarlı çerçeve sisteminin performans eğrisi	50
Şekil 4.4	Örnek 1'e ait gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sisteminin performans eğrisi	51
Şekil 4.5	Dolgu duvarsız çerçeve sisteminin (a), tuğla dolgu duvarlı çerçeve sisteminin (b) ve gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sisteminin (c) C-C aksındaki plastik mafsall oluşum yerleri	53
Şekil 4.6	Örnek 1'in üç farklı çerçeve sisteminin katlara ait yerdeğiştirmeleri	54
Şekil 4.7	X yönünde oluşan yerdeğiştirmeler	57
Şekil 4.8	Örnek 2'ye ait dolgu duvarsız çerçeve sisteminin performans eğrisi	59
Şekil 4.9	Örnek 2'ye ait tuğla dolgu duvarlı çerçeve sisteminin performans eğrisi	60
Şekil 4.10	Örnek 2'e ait gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sisteminin performans eğrisi	62
Şekil 4.11	Dolgu duvarsız çerçeve sisteminin (a), tuğla dolgu duvarlı çerçeve sisteminin (b) ve gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sisteminin B-B aksındaki plastik mafsall oluşum yerleri	64
Şekil 4.12	Örnek 2'nin üç farklı çerçeve sisteminin katlara ait yerdeğiştirmeleri	65
Şekil 4.13	X yönünde oluşan yerdeğiştirmeler	68

Şekil 4.14	Örnek 3'e ait dolgu duvarsız çerçeve sisteminin performans eğrisi	70
Şekil 4.15	Örnek 3'e ait tuğla dolgu duvarlı çerçeve sisteminin performans eğrisi	71
Şekil 4.16	Örnek 3'e ait gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sisteminin performans eğrisi	73
Şekil 4.17	Dolgu duvarsız çerçeve sisteminin (a), tuğla dolgu duvarlı çerçeve sisteminin (b) ve gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sisteminin A-A aksındaki plastik mafsal oluşum yerleri	75
Şekil 4.18	Örnek 3'ün üç farklı çerçeve sisteminin katlara ait yerdeğiştirmeleri	76
Şekil 4.19	Çerçeve sistemlerin doğal titreşim periyotları	77
Şekil 4.20	Çerçeve sistemlerin taban kesme kuvvetleri	77
Şekil 4.21	Çerçeve sistemlerin V_t (performans) / V_t (tasarım) oranları	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No	
Çizelge 3.1	Ebatlarına göre yatay delikli tuğlanın özellikleri	22
Çizelge 3.2	Sıvalı ve sıvasız dolgu duvarın elastisite modülü ve basınç dayanımı	23
Çizelge 3.3	G2 sınıfı gazbetonun özellikleri	23
Çizelge 3.4	Gazbeton üretim ebatları	23
Çizelge 3.5	Ebatlarına göre gazbetonun özellikleri	24
Çizelge 3.6	Kesit hasar sembol ve değerleri	31
Çizelge 3.7	Kesit hasar tanımları ve değer aralıkları	32
Çizelge 3.8	Analiz için kullanılan binanın modelleme parametreleri	38
Çizelge 3.9	Dolgu duvarların modellenme parametreleri	37
Çizelge 3.10	Tuğla dolgu duvarların modellenme parametreleri	40
Çizelge 3.11	Gazbeton duvarların modellenme parametreleri	41
Çizelge 3.12	Dolgu duvarların modellenme parametreleri	43
Çizelge 4.1	Örnek 1'e ait çerçeve sistemlerinin kat kütleleri ve toplam kütleleri	45
Çizelge 4.2.	Örnek 1'in 1. maddadaki doğal titreşim periyotları, deprem yükleri ve yapı ağırlıkları	46
Çizelge 4.3	Örnek 1'e ait deprem kuvvetleri	46
Çizelge 4.4	Örnek 1'in deprem kuvvetleri altındaki max. ve min yerdeğiştirmeleri	48
Çizelge 4.5	Örnek 1'e ait dolgu duvarsız çerçevenin görelî yerdeğiştirmesi	49
Çizelge 4.6	Örnek 1'e ait tuğla dolgulu çerçevenin görelî yerdeğiştirmesi	51
Çizelge 4.7	Örnek 1'e ait gazbeton dolgulu çerçevenin görelî yerdeğiştirmesi	52
Çizelge 4.8	Örnek 1'e ait çerçeve sistemlerinin performans noktaları ve kolon ve kirişlere ait plastikleşme sayıları	53
Çizelge 4.9	Örnek 2'ye ait çerçeve sistemlerinin kat ve toplam kütleleri	55
Çizelge 4.10	Örnek 2'in 1. maddadaki doğal titreşim periyotları, x yönündeki deprem yükleri ve yapı ağırlıkları	56
Çizelge 4.11	Örnek 2'ye ait deprem kuvvetleri	56

Çizelge 4.12	Örnek 2'in deprem kuvvetleri altındaki max. ve min yerdeğiştirmeleri	58
Çizelge 4.13	Örnek 2'ye ait dolgu duvarsız çerçevenin görelî yerdeğiştirmesi	60
Çizelge 4.14	Örnek 2'ye ait tuğla dolgulu çerçevenin görelî yerdeğiştirmesi	61
Çizelge 4.15	Örnek 2'ye ait gazbeton dolgulu çerçevenin görelî yerdeğiştirmesi	63
Çizelge 4.16	Örnek 2'ye ait çerçeve sistemlerinin performans noktaları ve kolon ve kirişlere ait plastikleşme sayıları	63
Çizelge 4.17	Örnek 3'e ait çerçeve sistemlerinin kat ve toplam kütleleri	66
Çizelge 4.18	Örnek 3'ün 1. moddaki doğal titreşim periyotları, x yönündeki deprem yükleri ve yapı ağırlıkları	67
Çizelge 4.19	Örnek 3'e ait deprem kuvvetleri	67
Çizelge 4.20	Örnek 3'ün deprem kuvvetleri altındaki max. ve min yerdeğiştirmeleri	69
Çizelge 4.21	Örnek 3'e ait dolgu duvarsız çerçevenin görelî yerdeğiştirmesi	71
Çizelge 4.22	Örnek 3'e ait tuğla dolgulu çerçevenin görelî yerdeğiştirmesi	72
Çizelge 4.23	Örnek 3'e ait gazbeton dolgulu çerçevenin görelî yerdeğiştirmesi	74
Çizelge 4.24	Örnek 3'e ait çerçeve sistemlerinin performans noktaları ve kolon ve kirişlere ait plastikleşme sayıları	75

1. GİRİŞ

Türkiye'nin hemen her bölgesi deprem riski taşıdığı önemli bir gerçektir. Yaşadığımız mekanlar genellikle çok katlı betonarme yapılardır. Ülkemizin önemli deprem kuşağında olmasından dolayı yapıların projelendirilmesi ve inşaatı sırasında deprem etkilerinin göz önüne alınmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Çok katlı yapıların önemli bir özelliği, bu tür düşey yapıların boyutlandırılmasında düşey yüklere nazaran deprem etkilerinin daha belirleyici olmasıdır.

Çerçeve sistemli betonarme binaların, yapı elemanlarının kolon, kiriş ve döşemelerinin yanında genellikle önemsemediğimiz ve yatay yükler altında hesaplara dahil etmediğimiz bir yapı elemanı olan dolgu duvarlardır. Dolgu duvarların taşıyıcı olmadığı kabul edilerek genellikle hesaplara katılmazlar (Budak 1997).

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliğe (ABYYHY,97) göre dolgu duvarların yapıya etkisi sadece düşey yük anlamında, ölü yükümü gibi değerlendirilmektedir. Oysa dolgu duvarlar yapının rijitliğini etkilemekte ve aynı zamanda yapının kütlelerinin artmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı yapıya etkileyen deprem kuvvetlerinin artmasına da neden olmaktadır. Bu nedenle yatay yükler altında dolgu duvarlı çerçeve ile çıplak çerçeve arasında periyot, yerdeğiştirme, taban kesme kuvveti gibi yapısal özelliklerinde farklılıklar olduğu daha önce yapılan çalışmalarda gözlenmiştir. Yine önceki çalışmalarda çok katlı betonarme binaların üst katlarda mimari açıdan dolayı dolgu duvar kullanıldığından bu katlarda rijit davranış sergilenirken zemin katta ve asma katta bulunan iş yerlerinde dolgu duvarın bulunmadığı yada üst katlara nazaran az bulunduğundan zemin ve asma katlarda aynı rijitlik bulunmadığından ani bir yumuşamaya maruz kalarak sakıncalı ve istenmeyen bir yapısal davranış ortaya çıkacaktır. Dolayısıyla dolgu duvarlar üzerine yapılan deneysel ve analitik çalışmalar sonucunda dolgu duvarların rijitlik, yük taşıma kapasitesi, periyot, çatlama ve göçme birimleri, enerji yutma kapasitelerinin büyük oranda değiştiğini göstermiştir (Yalçın 1999).

Yapılan son çalışmalarda ise kapı ve pencere boşluğu olmayan dolgu duvarların incelenmesi üzerine odaklanılmış, fakat kapı ve pencere boşlukları bulunan dolgu duvarlı çerçevelerin, boşluk bulunmayan dolgu duvarlı çerçevelere göre daha az rijit olduğu gözlenmiştir (Karşlıoğlu 2005).

Bu çalışmada, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğe (DBYBHY,07) göre tasarlanmış, zemin katı ve 3 adet normal katı bulunan ve katlar arasında mimari açıdan hiçbir değişiklik olmayan simetrik bina örnek 1 altında, 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarlanmış, zemin katı ve 4 adet normal katı bulunan ve zemin katı işyeri olup diğer katlar arasında mimari açıdan hiçbir değişiklik olmayan bina örnek 2 altında ve son olarak 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarlanmış, zemin katı ve 4 adet normal katı bulunan ve tüm katları işyeri olup katlar arasında mimari açıdan hiçbir değişiklik olmayan bina örnek 3 altında lineer analiz ve nonlinear analiz olarak çözümü yapılmıştır. Analizde öncelikle STA4-CAD betonarme programı kullanılarak çözümlenmiş ve analiz sonucu bulunan veriler kullanılarak SAP2000 programında üç boyutlu olarak modellenmiştir. Modellemede aynı bina sisteminde üç farklı çözüm yapılmıştır. İlk çözümde dolgu duvar olmayan çıplak betonarme çerçeve, ikinci çözümde çerçeve arası tuğla dolgu duvar ile örülmüş betonarme çerçeve ve üçüncü çözümde ise çerçeve arası gazbeton dolgu duvar ile örülmüş çerçeve sistemler kullanılarak analiz yapılmış ve elde edilen değerler arasında karşılaştırma yapılmıştır. Dolgu duvarların bulunma yerleri ise örnekten örneğe değişiklik göstermiştir. Sonuç olarak, dolgu duvarın yatay yükler altındaki davranışına etkisi incelenmiştir.

Bu çalışmadaki amaç, dolgu duvarların yatay yükler altındaki davranışının önemini göstermek olup, dolgu duvarların bina performans seviyesinin dolgu duvarlar altında nasıl değiştini incelemektir. Bir başka hedef ise kullanılan dolgu duvar malzemesinin özelliklerinin bilinmesiyle yapılarda kullanılacak duvar malzemesinin yatay yükler altında yapıda gösterdiği olumlu ve olumsuz davranışları bina düşey yüküne etkisi gibi özellikleri bulunarak en uygun dolgu duvar malzemesini bulmaktır.

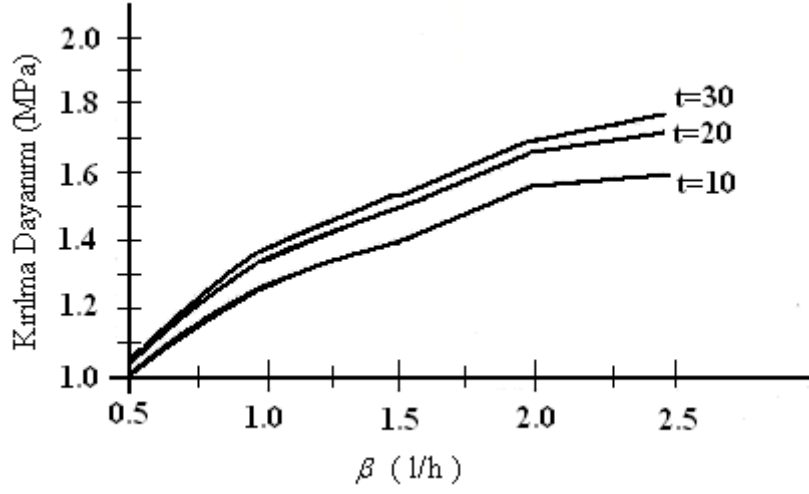
2. GENEL BİLGİLER

2.1 Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Davranışları

Dolgu duvarlar üzerine birçok araştırmalar yapılmış ve dolgu duvarların yatay yükler altındaki davranışları incelenmiştir. Dolgu duvarların dayanımları, yük taşıma kapasiteleri, rijitlikleri, süneklik davranışları ve enerji yutma özellikleri incelenmiştir. Bu araştırmalar yapılırken biri dolgu duvarsız basit çerçeve diğeri ise dolgu duvarlı betonarme çerçeve (kompozit çerçeve) olarak iki çerçeve sistemi kullanılmış ve deneyler yapılmıştır. Bu deneyler yapılırken yük taşıma kapasitesi, rijitlik ve sünekliğin enerji yutma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan deneylerde çerçevelere tekrarlı ve yön değiştiren yükler uygulanmıştır.

2.1.1 Dolgu Duvarların Dayanımı

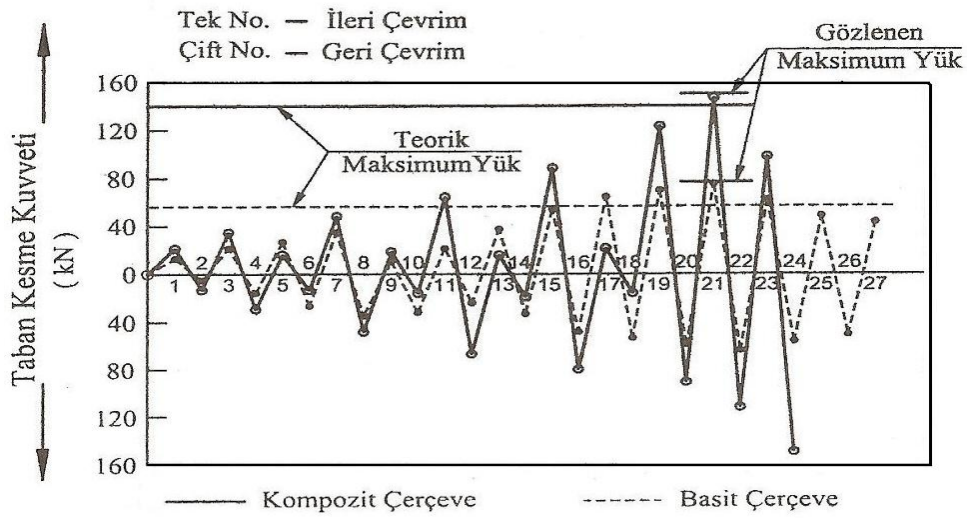
Türkiye’de kullanılan dolgu duvarların mekanik özellikleri baz alınarak, betonarme binalardaki dolgu duvarlar için standart eğriler geliştirilmiştir. Türkiye’de çimento harcı ile örülmüş beton bloğa ait dolgu duvar tipinin kırılma dayanımı β (l/h) oranı cinsinden şekil 2.1’de verilmiştir. Burada “t” dolgu duvarın kalınlığıdır. Şekil 2.1 incelendiğinde dolgu duvarın kalınlığı arttıkça kırılma dayanımının artmaktadır. Ayrıca β (l/h) oranı artıkça kırılma dayanımı artmaktadır. Dolgu duvarın kırılma dayanımı harcın tipine bağlıdır. Çimento harçlı dolgu duvarın kırılma dayanımı kireç harçlı dolgu duvarın kırılma dayanımından yaklaşık % 50 daha fazladır. Dolgu duvarın kırılma dayanımı kullanılan dolgu duvar tipine bağlı olarak değişir. Gazbeton ile örülmüş dolgu duvarın kırılma dayanımı delikli tuğla ile örülmüş duvarın yaklaşık iki katıdır (Çıtıptıoğlu vd. 1997).



Şekil 2.1 Beton blok ve çimento harcı ile örülen dolgu duvar için kırılma dayanımı - β oranı eğrileri

2.1.2 Yük Taşıma Kapasitesi

Dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin yük taşıma kapasitelerinin araştırılması sonucu taban kesme kuvveti şekil 2.2'de gösterilmektedir. Sonuç olarak kompozit çerçevenin yük taşıma kapasitesi basit çerçeveye göre 2 kat daha fazla olduğu görülmüştür (Govindan et al. 1986).



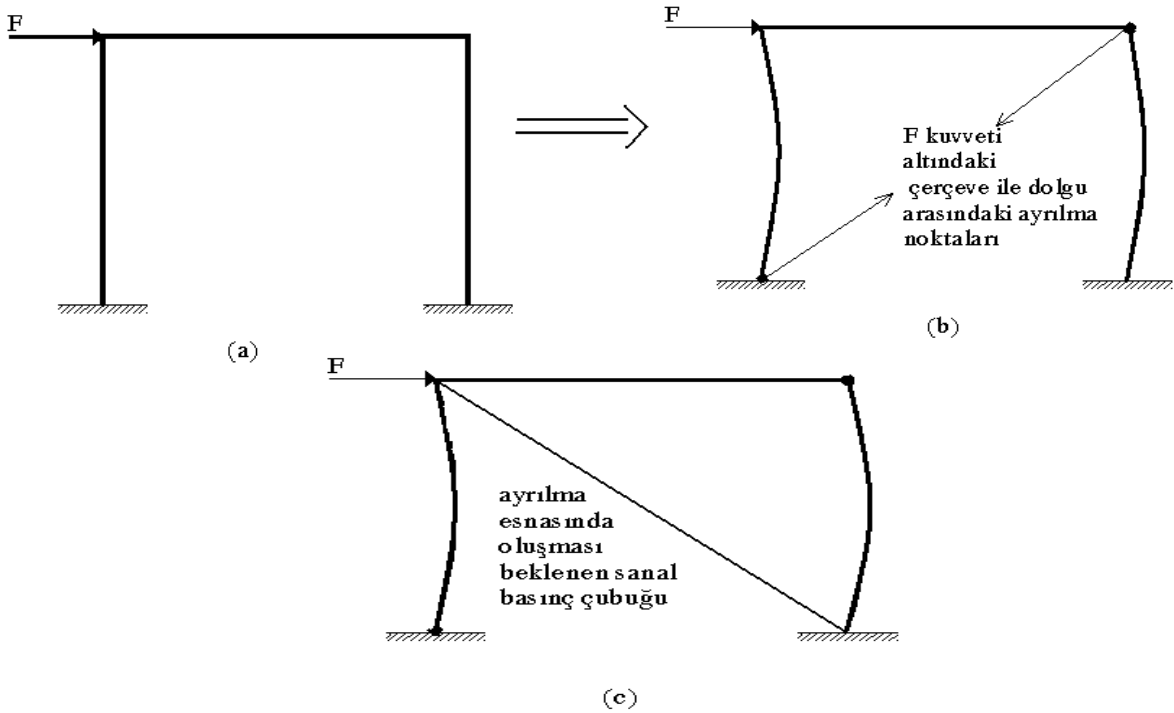
Şekil 2.2 Tekrarlı ve yön değiştiren yüklemenin değişimi

2.1.3 Rijitlik

Rijitliğin araştırılmasında en kapsamlı çalışmayı FEMA (Federal Emergency Management Agency) yapmıştır. Dolgu duvarların bina yapısal sistemi içindeki davranışını etkileyen birçok faktör vardır. Dolgu duvarın diyagonal dayanımı ve rijitliğinin dolgu duvar boyutlarına, fiziksel özelliklerine ve yük uygulanan taraftaki kolona olan temas uzunluğuna bağlı olduğu gösterilmiştir (Stafford 1966). Temas uzunluğu, α ile dolgu duvar ve çerçevenin relatif rijitliğine bağlı olup eşitlik 2.1 de ifade edilmektedir.

$$(\alpha / h) = [\pi / (2 \cdot \lambda \cdot h_{col})] \quad (2.1)$$

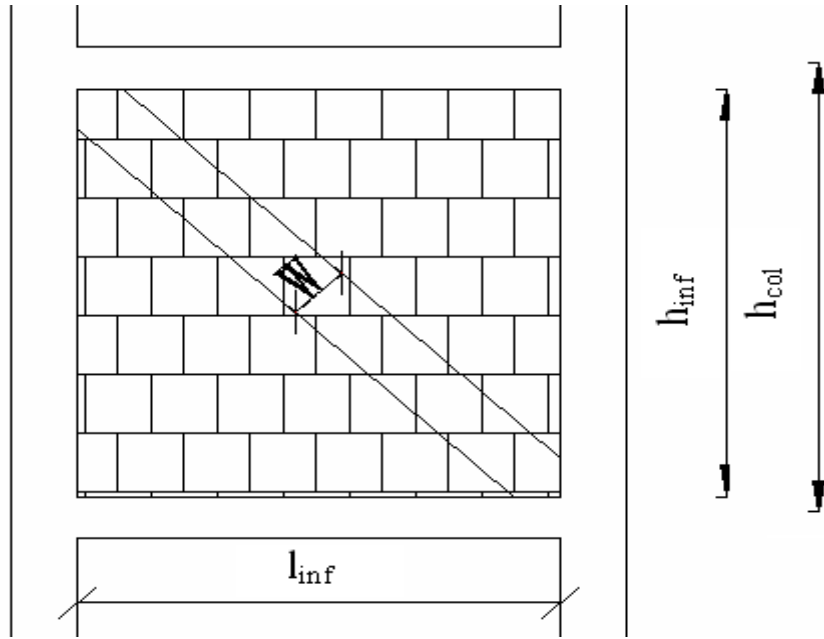
Şekil 2.3 (a)'daki gibi dolgu duvarla doldurulmuş ve bir çerçeveye yatay yönde F kuvvetinin uygulanmasıyla bu yük altında çerçevenin dolgu panelden, dolgu panelin ön alt ve arka üst köşelerden şekil 2.3 (b)'deki gibi ayrılma eğilimi gösterdiği deneysel sonuçlardan gözlemlenmiştir.



Şekil 2.3 Dolgu duvarlı çerçevenin yatay yük altında, dolgudan ayrılma noktaları ve sanal basınç çubuğunu oluşumu

Ayrılma esnasında oluşması beklenen diğer iki köşede, dolgu ve çerçeve arasında gelişen basınç temasından kaynaklanan gerilmelerin olduğu şekil 2.3 (c)'de görülmektedir. Bu davranış sonucunda dolgunun çerçevedeki rijitliğe katkısı, şekil 2.3 (c) 'deki görüldüğü gibi eşdeğer sanal basınç çubuğu olarak tanımlanmıştır.

Sanal basınç çubuğunun genişliği 2.2'deki eşitliği verilen ve şekil 2.4' de gösterilen “w” ile tanımlanmıştır. Eşdeğer sanal basınç çubuğunun kalınlığı ve elastisite modülü, dolgu duvarın kalınlığı ve elastisite modülü ile aynı kabul edilmiştir (Karslıoğlu 2005).



Şekil 2.4 Eşdeğer sanal basınç çubuğunun oluşumu

$$W = 0,175 (\lambda_1 \cdot h_{col})^{-0,4} \cdot L_{inf} \quad (2.2)$$

$$\lambda_1 = \left[\frac{E_{me} \cdot t_{inf} \cdot \sin 2\phi}{4 \cdot E_{fe} \cdot I_{col} \cdot h_{inf}} \right]^{1/4} \quad (2.3)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{h_{inf}}{L_{inf}} \right) \quad (2.4)$$

Burada;

w : Sanal basınç çubuğunun genişliği

h_{col} : Kolonun yüksekliği

L_{inf} : Dolgu duvar boyu

h_{inf} : Dolgu duvar yüksekliği

t_{inf} : Dolgu duvar kalınlığı

E_{me} : Dolgu duvarın elastisite modülü

E_{fe} : Kolonun elastisite modülü

I_{col} : Kolonun atalet momenti

ϕ : Sanal basınç çubuğunun yataydaki açısı

α : Relatif rijitlik katsayısı

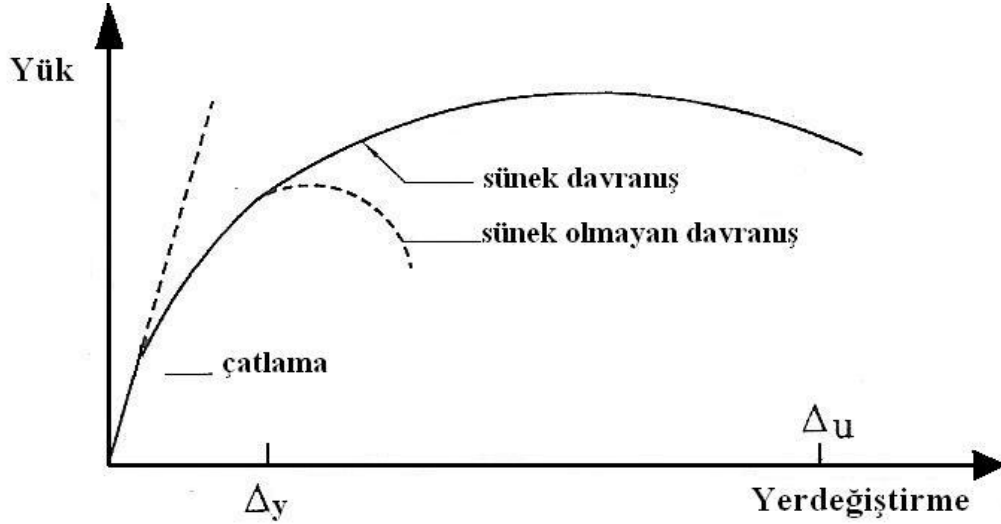
Ayrıca iki tip çerçevenin en üst katında oluşan maksimum yerdeğiştirmeler karşılaştırıldığında, kompozit çerçeve sisteminde oluşan maksimum deplasmanın basit çerçeveninkinden yaklaşık 2,6 kat daha az olmakta ve kompozit çerçeve sisteminin rijitliği basit çerçeveninkinden çok yüksek olmaktadır (Negro and Vezeletti 1996).

2.1.4 Süneklik

Taşıyıcı sistemin veya elemanlarının veya da kullanılan malzemenin lineer olmayan davranışta da dayanımının önemli bir kısmını sürdürme özelliği süneklik olarak isimlendirilir. Sünek kavramı aynı zamanda büyük şekil değiştirme ve yerdeğiştirme yapabilme, tekrarlı yüklemelerde enerji yutabilme özelliğini de içerir. Matematiksel olarak süneklik (μ), 2.5'deki eşitlikte ifade edilen ulaşılabilecek toplam yerdeğiştirmenin (Δ_u), elastik sınıra erişildiğindeki yerdeğiştirmeye (Δ_y) oranı olarak tarif edilebilir (Celep ve Kumbasar 1996).

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \quad (2.5)$$

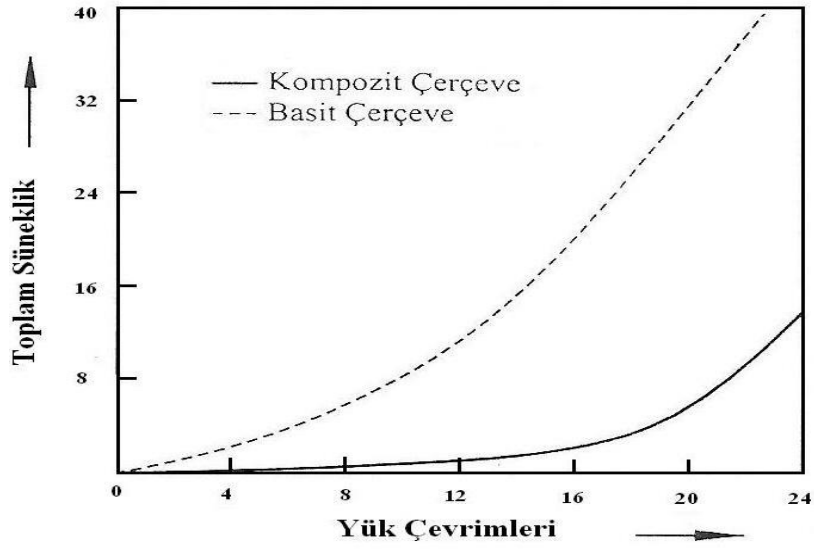
Şekil 2.5’de sünek olan ve sünek olmayan davranışa ait yük-yer değiştirme eğrileri gösterilmiştir. Sünek davranışta, sisteme giren enerjinin bir kısmı doğrusal olmayan davranış ile söndürülürken, büyük şekil değiştirmeler yeniden dağılıma imkan verecek ve taşıma kapasiteleri olan diğer elemanların daha fazla yük almasını sağlayacaktır (Yalçın 1999).



Şekil 2.5 Yük-Yerdeğiştirme bağıntısı

Kompozit çerçeve ile basit çerçeve sistemlerinin süneklikleri karşılaştırıldığında, basit betonarme çerçevenin daha sünek davranış sergileyebileceği rahatlıkla söylenebilir (Yalçın 1999).

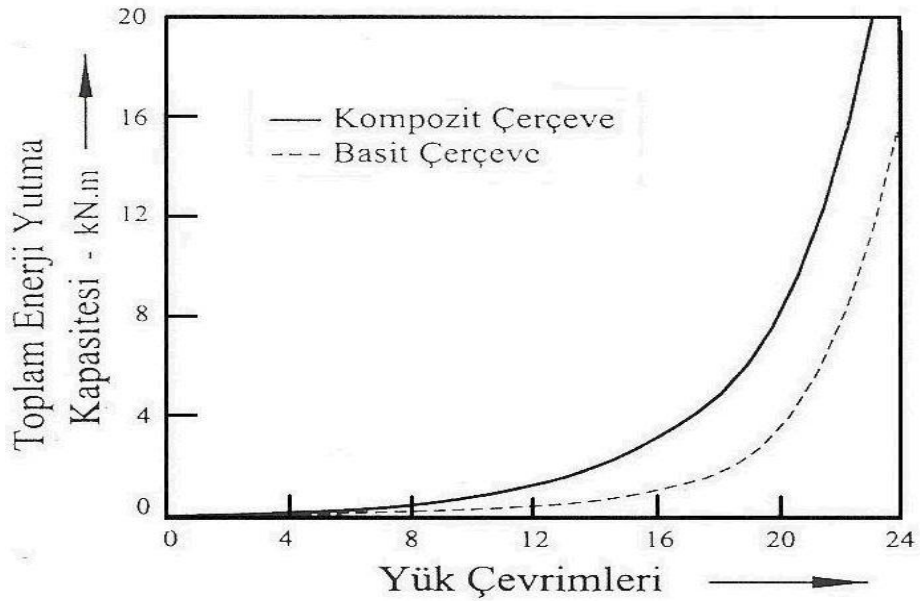
Şekil 2.6’da basit çerçeve ve kompozit çerçevenin süneklikleri karşılaştırılmış ve basit çerçevenin sünekliği, kompozit çerçeveninkinden 3,29 katı kadar daha büyük olduğu tespit edilmiştir (Govindan et al. 1986).



Şekil 2.6 Tekrarlı ve yön değiştiren yükleme etkisinde sünekliklerin karşılaştırılması

2.1.5 Enerji Yutma Özelliği

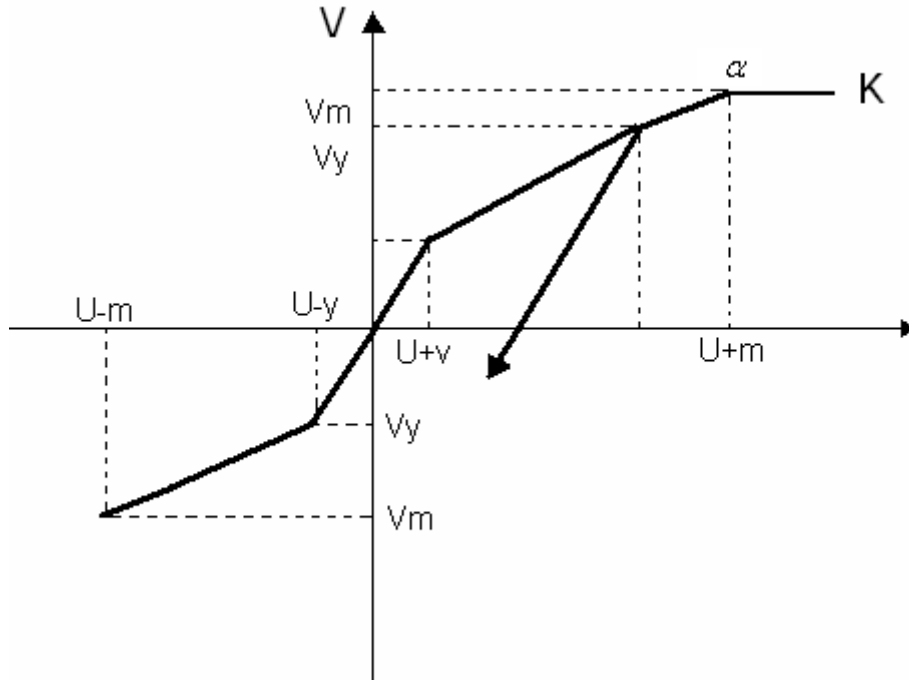
Farklı iki çerçeve sisteminin enerji yutma kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan deney sonucunda elde edilen grafik şekil 2.7'de çıkarılmış ve sonuç olarak dolgu duvarlı çerçeve ile dolgu duvarsız çerçevenin enerji yutma kapasiteleri arasındaki farkın büyük olması, dolgu duvarın önemini vurgulamaktadır (Negro and Verzeletti 1996).



Şekil 2.7 Tekrarlı ve yön değiştiren yükleme etkisinde yutulan toplam enerji miktarının karşılaştırılması

2.1.6 Dolgu Duvarlı Çerçvelerin Yatay Yük Altında Davranışları

Yapılan çalışmalar ile duvarların sistem rijitliğini etkilediği gerek deneysel gerekse teorik çalışmalarla ortaya konmuştur. Yatay yük - yerdeğiştirme ilişkisi olarak sistemin lineer davrandığını kabul etmek çok gerçekçi olmaz. Çünkü duvar deprem etkisinde gelen kesme kuvvetinin çok büyük olmayan değerlerinde kısa sürede çatlak ve tersinir deprem yükleri altında rijitliğini kaybeder. Bu nedenle duvarın gerilme şekil değiştirme ilişkisine dayalı olarak, şekil 2.8'de gösterildiği gibi bilineer kesme kuvveti-yer değiştirme davranışı tanımlanması daha gerçekçi olmaktadır. Duvarın başlangıç elastik rijitliği için maksimum u_m 'e kadar geçerli bir model alınabilir (Güney ve Boduroğlu 2006).



Şekil 2.8 Duvar için bilineer davranış modeli

Şekil 2.8'de gösterilen bilineer davranış modeli için, maksimum kesme kuvveti 2.6'daki eşitlikte, kesme kuvvetine karşılık gelen maksimum yerdeğiştirme 2.7'deki eşitlikte gösterilmiştir (Güney ve Boduroğlu 2006).

$$V^+_m(V^-_m) \leq A_d \cdot f'_m \cdot \cos\phi \leq \frac{V \cdot t \cdot l'}{(1 - 0,45 \tan\phi') \cos\phi} \leq \frac{0,83 \cdot t \cdot l'}{\cos\phi} \quad (2.6)$$

$$U^+_m(U^-_m) = \varepsilon'_m \cdot l_d \frac{1}{\cos\phi} \quad (2.7)$$

Bir diğerk önemli olan akma kesme kuvveti ve yerdeğıştirmeleri 2.8 ve 2.9'daki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$V^+_y(V^-_y) = \frac{V_m - \alpha K_0 U_m}{K_0(1 - \alpha)} \quad (2.8)$$

$$U^+_y(U^-_y) = \frac{V_m - \alpha K_0 U_m}{K_0(1 - \alpha)} \quad (2.9)$$

Başlangıç duvar rijitliğı ise 2.10 eşitliğıyle hesaplanmaktadır.

$$K_0 = \frac{E_d \cdot A_d}{l'} \quad (2.10)$$

Burada;

t: Dolgu duvar kalınlığı

l': Dolgu duvarın yataydaki temiz boyu

f'_m: Duvar prizma dayanımı

ε'_m: İlgili şekil değıştirme miktarı

φ: Duvar diyagonal bant açısı

V: Duvar başlangıç basınç dayanımı

A_d: Eşdeğer bant alanı

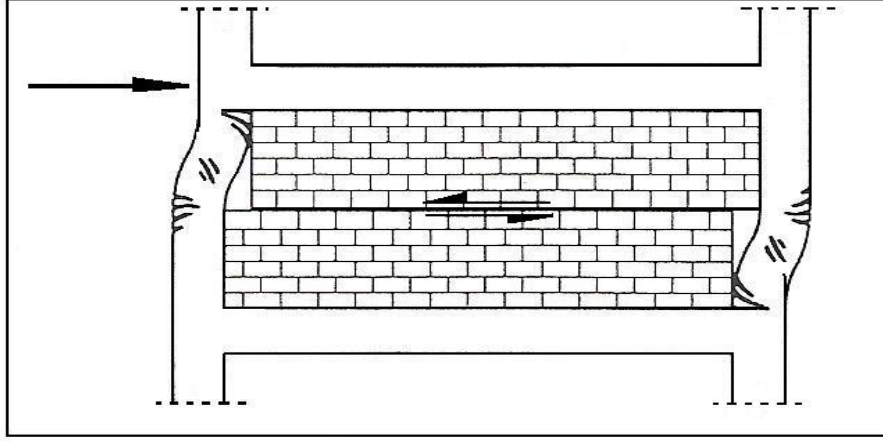
l_d: Eşdeğer bant boyu

α: Akma sonrası rijitliğın, başlangıç rijitliğine oranı

K_d: Duvar başlangıç rijitliğı

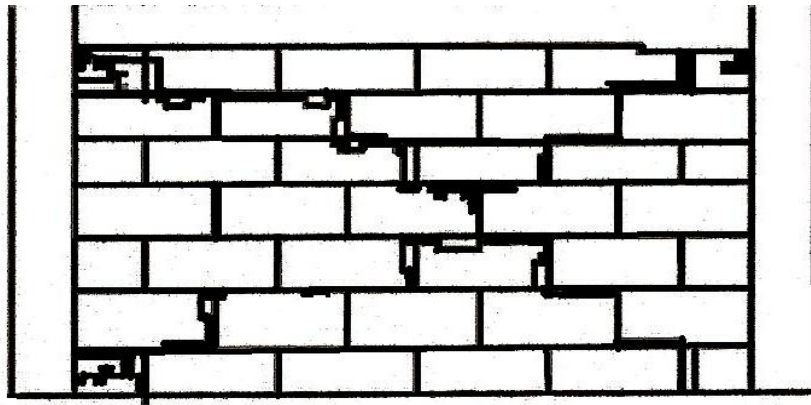
E_d: Duvar elastisite modülü

Düzlemi içinde etkiyen yatay kuvvetin küçük değerlerinde çerçeve dolgu duvarları tamamen uyum içinde, bir perde duvar gibi birlikte hareket edeceklerdir. Yatay yer değiştirmenin artmaya başlamasıyla bu davranış çok karmaşık hal alır. Çerçeve elemanları eğilme davranışı biçiminde şekil değiştirmeye çalışırken, dolgu duvar paneli de kayma davranışı biçiminde şekil 2.9'daki gibi şekil değiştirmeye çalışacaktır.



Şekil 2.9 Dolgu duvarlı çerçevenin yatay yük altındaki davranışı

Sonuç olarak, çekme gerilmelerinin artması ile kendiliğinden oluşan çekme çaprazlarının uçları olan köşelerde, çerçeve ve dolgu duvarları birbirinden ayrılacak, diğer köşegen doğrultusunda oluşacak olan basınç gerilmeleri, duvar içinde sanal bir basınç çubuğu meydana getirecektir. Bu işlem tekrarlandıkça kalıcı şekil değiştirmeler yayılacak, çatlakların sayısı ve genişliği şekil 2.10'daki gibi çekme çatlaklıkları oluşacaktır (Yalçın 1999).



Şekil 2.10 Çapraz gerilme sonucu oluşan orta şiddetteki çatlak

Zemin katı, dükkan ve asma katlı dükkan olan binalarda, zemin kat bölme duvarları genellikle bulunmamaktadır. Üstte konut olarak kullanılan katlar ise bölme duvarlar nedeni ile daha rijit davranmakta ve tüm enerji tüketimi söz konusu zemin katta yoğunlaştığından bu tür yapılarda yumuşak kat oluşarak hasar meydana gelmektedir. Yumuşak katın deplasmanı yaklaşık olarak binanın tüm deplasmanına eşittir. Bir kat üzerinde yoğunlaşan bu aşırı deplasman, ötelenme nedeni ile tehlike katının kolonları beklenmedik şekilde aşırı hasara uğrayabilir ve çoğu zaman binanın göçmesine neden olabilir. Özellikle deprem enerjisinin bu katta karşılanacağı göz önüne alınarak burada yer alan kolon ve perdelerin rijitlikleri, kat arası deplasmanını karşılayabilecek şekilde arttırılmalıdır.

Yumuşak kat oluşumu, statik taşıyıcı sistem veya bölme duvarlar nedeni ile meydana gelebilir. Duvardan duvara uzanan pencereler ise kısa kolon etkisi oluşturarak kolonun etki boyunu azaltır. Kısa kolon sorunu, kolon etkili boyunun kısalması ile büyüyen kesme kuvvetidir. Kesme kuvvetini karşılamak için etriye sıklaştırılması yapılmalı ve mümkün mertebe duvardan duvara pencereler tercih edilmemelidir.

Deprem sonrası bir binanın şekil 2.11’de görüldüğü gibi zemin katları ticari amaçlı dükkan, üst katları konut olarak kullanılan bu yapıdaki zemin ve asma kat, yumuşak kat etkisi nedeni ile ötelenerek yıkılmıştır. Buradaki yapının yıkılmasına zemin ve asma katta bölme duvarların olmaması, kat yüksekliğinin fazlalığı, kolon kesitlerinin yetersizliği gibi sebepler etken olmuştur (İnt. Kyn. 1).



Şekil 2.11 Zemin katı dolgu duvarsız bir binanın deprem sonrası görüntüsü

Şekil 2.12’de gösterilen zemin katı iş yeri olarak kullanılan asma katlı bu yapı, zemin katın zayıf kat oluşturması nedeniyle bu kat hizasından göçerek yıkılmıştır. Normal katlar konut olarak bölme duvarlar nedeni ile daha rijit davranmaktadır. Zemin kattaki asma katlı dükkan, bölme duvarlarının da bulunmaması nedeni ile daha az rijitliğe sahip olduğundan bu zayıf katta göçme meydana gelmektedir (İnt. Kyn. 2).



Şekil 2.12 Zemin katı dolgu duvarsız bir binanın deprem sonrası görüntüsü

2.2 Literatür Çalışmaları

Holmes (1963), betonarme dolgulu, tek katlı ve tek açıklıklı çerçeveleri yatay yük etkisi altında incelemiştir. Bu çalışma sonucunda, dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yük taşıma kapasitesini, çerçevelerin ve dolgunun boyutlarının, dolgunun basınç dayanımının bir fonksiyonu olarak ifade etmiştir.

Stafford and Carter (1969), dolgu duvarlı çerçeveler için ilk pratik hesap yaklaşımını önermişlerdir. Bu yaklaşımda dolgu duvarlı çerçevelerin yatay rijitliğini ve dayanımını bulmak için basınç çubuğu metodu kullanmışlardır. Bu anlamda yola çıkılarak oluşturulan çerçeve sistemlerin dolgu duvar ile modellenmesinde sanal basınç çubuklarının efektif genişliğini bulmak için bazı eğriler önermiştir.

Riddington and Simith (1977), dolgu duvarlı çerçeveler üzerinde yaptığı çalışmada, dolgu duvarlı çerçeve sistemlerini çözebilmek sonlu elemanlar yöntemi geliştirmiştir. Bunun için üç tip dolgu duvarlı çerçevede; dolgu duvar ve çerçeve birleşiminin özellikleri, dolgu duvar uzunluğunun yüksekliğe oranı, relatif rijitlik parametresi ve kolon – kiriş birleşiminin rijitliği olmak üzere farklı parametreleri incelemiştir. Dolgu duvarlı çerçevelerin yatay ötelenmesini hesaplamak için kullanılacak basınç çubuğunun efektif genişliğinin çubuk uzunluğunun onda birine eşit alınmasının güvenilir olduğunu önermiştir.

Kahn and Hanson (1979), yaptıkları çalışmada tek katlı ve tek açıklıklı çerçeveler üzerinde güçlendirme deneyleri yapmıştır. Güçlendirme de bazı yöntemler kullanmışlardır. Bu yöntemlerden birisi de yerinde dökülmüş dolgu duvarların çerçeve sisteminde kullanılmasıdır. Sonuç olarak ise; dolgu duvarların güçlendirmede en iyi sonucu verdiğini ortaya koymuşlardır.

Bertero and Brokken (1981), dolgu duvarların, betonarme çerçevelerde deprem davranışına olan etkilerini araştırmıştır. Deprem davranışını ifade eden yükler altında farklı dolgu duvar sistemleri kullanarak çeşitli analizler yapmıştır. Sonuç olarak, boş çevreye göre dolgu duvarların eklenmesiyle yapının yatay rijitliğini arttırdığını, sistemin dinamik özelliklerini etkilediğini ve maksimum deplasmanların azaldığı sonucuna varmıştır.

Jirsa and Kreger (1989), daha önce uygulanan güçlendirme yöntemleri üzerinde araştırmalar yapmış ve bu yöntemleri tek katlı ve tek açıklıklı çerçeve deneyleriyle test etmişlerdir. Sonuç olarak kırılmaların bindirme eklerinde olduğunu gözlemlemişler ve kolon boyuna donatısını desteklemek üzere kolonlara paralel dolgu duvar kenarlarına koydukları donatının, hem mukavemeti hem de sünekliği arttırdığını, bunun en önemli sebebi dolgu duvarların etkisi olduğunu ortaya koymuşlardır.

Saneinejad and Hobbs (1995), beton veya tuğla duvar dolgulu çelik çerçevelerin yatay yükler altında hesap ve tasarımı için bir yöntem önerdi. Deneysel çalışmaların yanında lineer olamayan sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan hesapların incelenmesi sonucunda, dolgu duvarların mekanik özelliklerinin bilinmesi halinde diyagonal çubuklarla modellenebileceği sonucuna vardılar.

Çıtıptıoğlu vd. (1997), taşıyıcı olmadığı varsayılan dolgu duvarların, binaların deprem davranışına etkisini incelemiştir. Yapının üç boyutlu modellenmesinde basınç çubuklarını elastik sınıra kadar eşdeğer statik deprem yükleri altında ardışık kırılma durumlarını iteratif bir yöntemle hesaplamak ve yapı elemanlarının moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvet zarflarını elde etmek amacıyla SAP90 bilgisayar programı için ön ve art işlemciler geliştirilmiştir. Sonuç olarak taşıyıcı olmayan dolgu duvarların salınım sınırlarını geçmemesi ve taşıyıcı sistemin elastik limiti aşmamasına rağmen hasar görebileceği, basınç çubuğuyla modellenip ardışık kırılma hesabı yapılmasının yük taşımayan bölme duvarların etkileşimini hesaba katmanın iyi bir yaklaşım olduğunu tespit etmişlerdir.

Negro and Colombo (1997), çerçeve yapıların deprem etkisiyle yapısal olmayan dolgu duvarların yapı davranışına olan etkilerini yapay yer hareketiyle incelemiştir. Dört katlı çerçeve yapısını farklı dolgu panelleri yerleşimi ile dizayn etmiş ve deneyler yapmıştır. Sonuç olarak; panellerin çerçeve yapı üzerinde düzensiz dağılımlarının elemanlara büyük zarar verdiğini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, dolguların yerleşiminin düzenli olmasının çerçevenin düzensiz davranışını da önleyebilmektedir.

Tüzün (1999), yapısal sistemlerde kullanılan dolgu duvarlı çerçeve sistemleri sonlu elemanlar yöntemiyle modelleyerek yatay yükler altındaki davranışını ve dolgu duvarların yapıya olan katkısını araştırmıştır. Analiz yöntemi olarak dinamik analiz de tepki spektrumu kullanmıştır. Bu araştırmada yapının yatay ve düşey periyotlarını, mod şekillerini, taban kesme kuvvetlerini ve yatay ve düşey deplasmanlarını incelemiştir. Sonuç olarak, dolgu duvarlar yapının yatay rijitliğini arttırdığını, yatay ve düşey yerdeğiştirmeleri azalttığını, yapının yatay rijitliğinin artmasıyla yapının hakim periyodunun azaldığı sonucuna varmıştır.

Yalçın (1999), dolgu duvarlarının taşıyıcı sistemi betonarme olan çok katlı yapıların deprem yükleri altındaki davranışına olumlu ve/veya olumsuz etkileri incelenmiş, oluşturulan dört ayrı sistem modeli üzerinde incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda; duvarların bulunduğu çerçeveler doğrultusunda hesaplanan yer değiştirmelerin azaldığı ve toplam kesme kuvvetinin arttığı belirlenmiştir. Dolgu duvarların yerleşiminde simetrik olmayan sistemde ise burulma deformasyonlarının çok etkili olduğu tespit edilmiştir.

Özcebe vd. (2002), Türkiye’de sismik güçlendirme için yaygın olarak kullanılan betonarme ile doldurulmuş çerçevelerin davranış ve mukavemeti incelenmiş olup ilk önce boş çerçeve deneyi referans olması amacıyla yapılmış, daha sonra hasarlı bu çerçevenin orta açıklığı betonarme perde duvarla doldurulup denenmiştir. Sonuç olarak; daha sonra eklenen duvarların yapının mukavemetini 4 kat, rijitliğini ise 15 kat arttırdığını ifade etmişlerdir. Ayrıca dolgu duvar akıncaya kadar uygulanan yatay kuvvetin %99’unu taşıdığını belirlemişlerdir.

Celep ve Gençoğlu (2003), deprem etkisindeki betonarme taşıyıcı sistem davranışına bölme duvarların etkisini incelemiş ve sistem içinde bulunan bölme duvarların yatay yük taşıma kapasitesine olan etkisi ele alınmıştır. Bu amaçla değişik bölme duvarı düzeni bulunan beş katlı betonarme çerçeveli bir binada, deprem etkisi mod birleştirme yöntemi kullanılarak yatay kuvvetin çerçeve ve duvar elamanları tarafından paylaşılmasını incelemişlerdir. Bu paylaşımın bağlı olduğu parametreler ve bunların sonuca olan etkilerini araştırmışlardır. Bu çerçevede binada bölme duvarlarının plandaki düzeninin, taşıyıcı sistem periyoduna, genel davranışına ve yatay yük karşılama kapasitesine olan katkısı incelenmiş ve sayısal sonuçlar verilmiştir. Sonuç olarak, binadaki bölme duvarlarının taşıyıcı sistem genel davranışına etkisi, binanın yanal rijitliğini artırması bakımından önemli olduğunu az sayıda bölme duvarın önemli bir rijitlik artışı ortaya çıktığını vurgulamıştır. Yeterli bölme duvarı bulunması durumunda, duvarlar rijitlikleri sebebiyle yatay yer değiştirme talebini sınırlandıracağı için kapasite aşılması çoğu zaman ortaya çıkmayabileceğini sonucuna varmıştır. Ayrıca bölme duvarların kat kesme kuvvetinin önemli bir kısmını karşıladığını, az katlı binaların güçlendirilmesinde bölme duvarlarının döşenmesinde hasır çelik ve beton tabaka eklenmesi ile sünek duruma getirilmesi uygulanabilir bir çözüm olduğunu vurgulamışlardır.

Bağcı (2003), monotonik artan statik yatay yük etkisindeki dolgulu düzlem betonarme çerçevelerin gerçeğe yakın davranışını ortaya koyabilmek için, çerçeve ve dolgu elemanlarda malzemenin lineer olmayan davranışının dikkate alındığı, Sonlu Elemanlar Yöntemine dayalı nümerik bir çözüm yöntemi önermiştir. Bu yöntem için Matlab yazılımıyla gerçekleştirilen bir program hazırlamış ve literatürde verilen örnekler çözülerek programın doğrulunu kontrol etmiştir.

Bozkurt (2003), çok katlı betonarme çerçeve binaların dolgu duvarlarında gazbeton ve boşluklu tuğla kullanımı seçeneklerinin yapı tasarımına etkilerini karşılaştırmış ve bu amaçla seçilen 4 ve 8 katlı binalar deprem yönetmeliğine göre tasarlamış ve iki çeşit dolgu duvarlı çerçeve sistemini deprem dayanımı ve maliyet açısından karşılaştırmıştır. Sonuç olarak; tuğla dolgu duvar kullanılan çerçevelerde hesaplanan eşdeğer deprem yükü, gazbeton dolgu duvarlı kullanılan çerçeveden daha fazla olduğunu, kirişlerin kolonlardan daha önce kapasite değerlerine ulaştığı, bu da binaların genel deprem davranışı açısından iyi bir netice olduğunu vurgulamıştır.

Sivri (2003), yaptığı çalışmada dolgu duvarları gerek yük olarak, gerekse değişik yerleşim biçimleri için taşıyıcı eleman olarak almış ve yapı davranışını incelemiştir. Yaptığı çözümler sonucunda dolgu duvarların çerçeve yapıların deprem davranışını önemli ölçüde değiştirdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca dolgu duvarların yapı rijitliğini arttırdığı için yapı periyodu ve yanal yerdeğiştirmeler rijitliğe bağlı olarak azaldığı sonucuna varmıştır.

Karaduman (2004), dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yükler altındaki davranışları üzerine deneysel bir çalışma yapmış ve 7 adet çelik çerçeve sistemi denemiştir. Çelik çerçevelerin açıklık/yükseklik (L/H) oranını muhtelif oranlarda seçerek dolgusuz, gazbeton duvar dolgulu ve gazbeton duvar + sıva dolgulu olarak sistemi test etmiştir. Sonuç olarak değişik L/H oranları için gerçekleştirilen deney sonunda, dolgu duvarlar çerçeve sistemin yatay rijitliğini önemli ölçüde arttırdığını, duvarda sıva kullanımının çatlama yükünü önemli ölçüde arttırdığını, dolgu duvarın kullanılmasıyla çerçeve sistemin göçme yükünü arttırdığını tespit etmiştir. Bunun yanında dolgulu çerçevenin sünekliğinin boş çerçeveninkinden 2,04-3,47 kat daha büyük olduğunu tespit etmiştir.

İrtem vd. (2005), Türk deprem yönetmeliğine göre tasarlanmış betonarme binaların performansına dolgu duvarların etkileşiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda bina taşıyıcı sisteminde duvarların olmadığı ve duvarların bulunduğu iki farklı durum için sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay deprem yükleri altında malzeme ve geometri değişimleri bakımından lineer olmayan teoriye göre analizleri yapılarak yapı davranışları karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarından taşıyıcı sistemlerin göz önüne alınmasıyla bina performansının arttığı ve yapı davranışının duvarın konumuna göre değiştiği belirlenmiştir.

Karslıoğlu (2005), çok katlı binalarda bulunan tuğla dolgu duvarların yapı davranışına olan etkisini incelemiştir. 2 bodrum katı, 1 zemin katı, 1 asma katı ve 10 normal katı bulunan binanın çerçeve sistemi SAP2000 programında üç boyutlu olarak modellenmiş ve bu model ışığında dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız iki ayrı modelin dinamik analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır. Sonuçta; tuğla dolgu duvarlar, yapının doğal periyodunda yaklaşık %95,6 oranında azalmaya sebep olduğunu, dolgu duvarın yapıya eklenmesiyle, periyot, yatay deplasman, taban kesme kuvveti, yumuşak kat oluşumunda farklılıklar olduğunu gözlemlemiştir.

Sesigür vd. (2005), gazbeton duvar ve döşeme elemanları ile inşa edilen az katlı konut binalarının deprem güvenliğini araştırmıştır. Bu çalışmada binalar depremde kendi yüklerini kendileri yarattığını ve ağırlıklarının belli oranı kadar deprem kuvvetine maruz kaldıklarını belirterek, yapı ağırlığının az olması, yapının maruz kalacağı deprem yükünün de az olması sonucunu doğruladığını vurgulamıştır. Buna ek olarak depremde yapıya iletilen enerjinin yapı taşıyıcı sistemi tarafından yutulan bölümü yapı taşıyıcı sisteminin sünekliliği ile doğru orantılı olduğunu belirtmiştir. Deprem bölgelerinde inşa edilecek yapılarda amaç, ağırlığı az, sünek yapılar olarak özetlemiştir. Bu saptama ve ilke doğrultusunda, bu çalışmada, ülkemizde uzun zamandan beri üretilen gazbeton döşeme ve duvar panelleri ile oluşturulan az katlı binaların deprem güvenliğini irdelenmiştir. Bu amaçla seçtikleri az katlı iki örnek binada yapı taşıyıcı sistemi, önce gazbeton döşeme ve duvar panelleri, daha sonra betonarme iskeletli ve tuğla bölme duvarlı olarak projelendirilmiş, yapıların deprem güvenlik düzeyleri, yapım süreçleri ve konfor koşullarını karşılaştırmıştır. Sonuçta, gazbeton döşeme ve duvar panelleri ile

inşa edilen az katlı binaların projelendirme ve yapımında gerekli özen gösterildiği takdirde deprem bölgelerinde yeterli güvenlik düzeyinde inşa edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Korkmaz ve Uçar (2006), Türkiye'deki mevcut yapı tiplerinde sıkça karşılaşılan dolgu duvar etkisini incelemiştir. Bunun için seçtikleri dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı iki farklı çerçeve sistemini elastik ötesi statik itme analiziyle çözümlenmişlerdir. Sonuç olarak; dolgu duvar etkisinin yapının davranışında büyük etkilerin olduğunu, dolgu duvarların bulunmadığı çerçeve sisteminde ilk plastikleşmenin kirişlerde olduğunu ve bunun nedenin dolgu duvarların etkisinden kaynaklandığını vurgulamışlardır.

Boduroğlu ve Güney (2006), deprem etkisi altındaki ve asimetrik yapıların, lineer olmayan tepkilerin dolgu duvarların, yapıların dinamik ötelenme ve burulma tepkisine yaptığı katkıları araştırmıştır. Sonuç olarak; taşıyıcı eleman sayısı az sistemlerde duvarların katkısı artan dış merkezlik oranı ile orantılı olarak daha belirgin hale gelmekte ve sistemin süneklik gereksinimi parametresi üzerinde ciddi etkiler olduğunu vurgulamıştır.

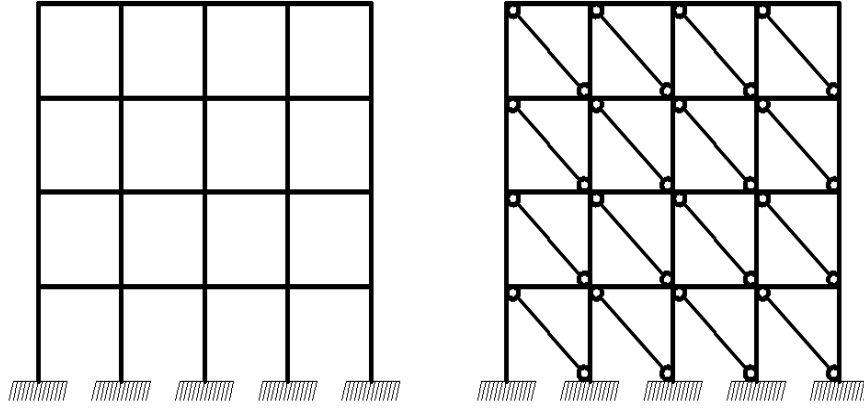
3. MATERYAL VE METOT

Modellemede 3 farklı tipte ve her tipte farklı dolgulu betonarme çerçeve sistemi ele alınmıştır. Analizde öncelikle STA4-CAD betonarme programı kullanılarak çözümlenmiş ve analiz sonucu bulunan veriler kullanılarak SAP2000 programında üç boyutlu olarak modellenmiştir. Modellemede aynı bina sisteminde üç farklı çözüm yapılmıştır. İlk çözümde dolgu duvar olmayan çıplak betonarme çerçeve, ikinci çözümde çerçeve arası tuğla dolgu duvar ile örülmüş betonarme çerçeve ve üçüncü çözümde ise çerçeve arası gazbeton dolgu duvar ile örülmüş betonarme çerçeve sistemler kullanılarak analiz yapılmış ve elde edilen değerler arasında karşılaştırma yapılmıştır.

3.1 Dolgu Duvarın Modellenmesi

Sistem modellemesinde önemli olanlardan birisi ise dolgu duvarların modellenmesidir. Yapılan deneyler ve teorik araştırmalar sonucu iki kolon arasında yapılan dolgu duvarın modellenmesi için, yatay yükler altındaki davranışı sonucu sanal çapraz çubukları oluşturmaktadır. Bu sanal çapraz çubukların modellenmesinde kullanılacak pandüllerin genişlikleri (w) hesaplanarak iki kolon arasına çapraz çubuklar atılarak modelleme yapılmıştır. Dolgu duvarların modellenmesinde bir başka önemli özellik ise dolgu duvarların elastisite modülleridir. Dolgu duvarı bulunmayan boş çerçeve sisteminde çapraz pandüllerin olmamasından dolayı elastisite modülüne ihtiyaç yoktur. Ancak tuğla dolgu duvarla ve gazbeton dolgu duvarla modellenecek çerçeve sistemlerinde elastisite modüllerine ihtiyaç vardır.

Modellenecek çerçeve sistemi dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Dolgu duvarsız (a) ve dolgu duvarlı (b) çerçeve sistemi

3.1.1 Tuğla Dolgu Duvar Modellenmesi

Modellemede kullanılmış olan tuğla TS 4563'e ait olan yatay delikli tuğladır. Modellemede dış duvarlarda 13,5'luk tuğla, iç duvarlarda ise 8,5'luk yatay delikli tuğla kullanılmıştır. Bu tuğlalara ait özellikler çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Ebatlarına göre yatay delikli tuğlanın özellikleri

Özellik	8,5'luk Yatay Delikli Tuğla	13,5'luk Yatay Delikli Tuğla
Ebatları (cm)	8,5 x 19 x 19	13,5 x 19 x 19
Basınç Dayanımı (MPa)	4,0	5,2
1 adet Ağırlığı (kg)	2,1	2,9
1 m ² 'ye düşen tuğla sayısı (ad)	25	35

Tuğla duvarın modellenmesinde kullanılan önemli bir özellik dolgu duvarın elastisite modülüdür. Elastisite modülü tuğlanın basınç dayanımına ve harç tabakası kalınlığına göre değişmektedir. Dolgu duvar malzemesi olarak kullanılan yatay delikli tuğlanın elastisite modülü sıvalı ve sıvasız durum olarak değişmekte ve çizelge 3.2'de gösterilmektedir (Öktem ve Pala 2003).

Çizelge 3.2 Sıvalı ve sıvasız dolgu duvarın elastisite modülü ve basınç dayanımı

Dolgu Duvar Malzemesi	Elastisite Modülü (MPa)	Basınç Dayanımı (MPa)
Sıvalı	1393	1,86
Sıvasız	1087	1,63

Modellemede kullanılan dolgu duvar sıvalı olup 2 cm kalınlığında harç ve 2 cm kalınlığında sıva kullanılmış olup birim hacim ağırlığı 1064 kg/m^3 'tür. Kirişe yaptığı yük etkisi dış duvarlarda 6,9 kN/m, iç duvarlarda ise 4,3 kN/m olarak modellenmiştir.

3.1.2 Gazbeton Dolgu Duvar Modellenmesi

Dolgu duvar olarak modellenen diğer bir duvar çeşidi gazbetondur. Bu modellemede çizelge 3.3'de gösterilen G2 sınıfı gaz beton kullanılmıştır.

Çizelge 3.3 G2 sınıfı gazbetonun özellikleri

Sınıf	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)	Kuru Birim Hacim Ağırlığı (kg/m^3)	Duvarın Statik Hesap Ağırlığı (kgf/m^2)	
			Tutkallı	Harçlı
G2	25	400	500	600

Ayrıca gazbetonların üretim şekilleri çizelge 3.4'de gösterildiği şekilde değişik kalınlıkta üretilmektedir.

Çizelge 3.4 Gazbeton üretim ebatları

Boyut	Ebatlar (cm)
Boy (l)	60
Yükseklik (h)	25
Kalınlık (d)	7,5–8,5–9,0–10,0–12,5–13,5–15,0–17,5–19,0– 20,0–22,5–25,0–27,5–30

Kullanılan gazbetonun duvar kalınlıklarına göre özellikleri çizelge 3.5’de verilmiştir. Bu özelliklere sahip olarak yapılan dolgu duvarlar tutkalı malzeme ile örülmüş olup tutkal malzemesi dış duvarlarda 4,16 kN/m, iç duvarlarda ise 2,06 kN/m yük etki etmektedir. Dış duvarlarda 1 cm alçı sıva, 2 cm beton sıva; iç duvarlarda ise 1 cm alçı sıva, 1 cm beton sıva kullanılmıştır.

Çizelge 3.5 Ebatlarına göre gazbetonun özellikleri

Özellik	İç duvarlarda kullanılan	Dış duvarlarda kullanılan
Ebatları (cm)	60 x 25 x 8,5	60 x 25 x 19,0
1 adet Ağırlığı (kg)	5,1	12,0
1 m ² ’ye düşen gazbeton sayısı (ad)	6,66	6,66

Gazbeton duvarın modellenmesinde kullanılan olan elastisite modülü üzerine değişik araştırmalar yapılmış ve Sahin (1971) ve Bayülke (1978) yaptığı çalışmalarında dolgu duvarın elastisite modüllerini 3.1’deki eşitlikle açıklamıştır.

$$E \cong 500 x (f_c)_T \quad (3.1)$$

$(f_c)_T$ = Dolgu duvarın basınç dayanımı

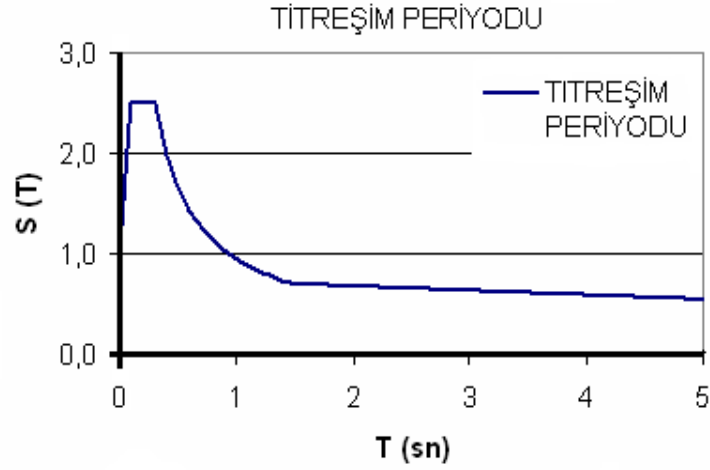
Bu formülle yola çıkıldığında, Bazlar (1996), çalışmasında dolgu duvarın basınç dayanımını 5 MPa olarak belirlemiştir. Buna göre gazbetonun elastisite modülü 2500 MPa olmaktadır. Ancak Karaduman (2004), yaptığı çalışmasında G2 sınıfı gazbeton kullanmış ve sıvasız olarak dolgu duvarın elastisite modülünü 1500 MPa olarak seçmiştir. Sıva etkisini göz önüne alındığında dolgu duvarın elastisite modülü 2091 MPa, birim hacim ağırlığı 400 kg/m³, basınç dayanımı ise 2,5 MPa olmaktadır.

3.2 Analiz Yöntemleri

3.2.1 Lineer Analiz

Sistemler STA4-CAD bilgisayar programında Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre analiz edilmiş yapıların taban kesme kuvveti (V_t) elde edilmiştir. Sistemler daha sonra şekil 3.2’de verilen Z1 zemin sınıfına ait spektrum eğrisi ile modal analize göre SAP2000 programında analiz edilerek yapıların modal analizdeki taban kesme kuvvetleri (V_t) elde edilmiştir. DBYBHY’ne göre elde edilen bu taban kesme kuvvetleri ($V_t(\text{modal}) < 0,9 V_t(\text{eşdeğer})$) olması durumunda modal analize göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri denklem 3.2 ye göre büyütülmüştür.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tb}} B_B \quad (3.2)$$



Şekil 3.2 Z1 zemin sınıfına ait spektrum eğrisi

3.2.2 Nonlinear Analiz

Deprem etkisi altındaki mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesinde kullanılan nonlinear hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem etkisi altında iç kuvvet istemlerinin belirlenmesi ve istem büyüklüğüne göre şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasitelerinin karşılaştırılarak kesit ve bina düzeyinde yapıcı performans değerlerini kapsar. Bu durumda dört farklı hasar durumu tanımlanmıştır.

Nonlinear analiz sonucu elde edilen yatay kuvvetler sistem modeline etki ettirilerek yapı statik itme analizine tabi tutulur. Eğilme öncesi betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlama kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılmaktadır. Kesin bir hesap yapılmadıkça, çatlama bir kesite ait eğilme rijitlikleri için aşağıda tanımlanan kirişler için 3.3, kolonlar için 3.4 ifadesi kullanılarak sistem modeline eklenir. Ancak yapının statik itme analizine tabi tutulabilmesi için tüm kolon ve kirişlerin donatı alanları sistem modeline yüklenir ve ayrıca kolonlara ve kirişlere plastik mafsallık özellikleri (PMM ve M3) atanır ve yapı tanımlanan yükler altında analiz edilir.

$$\text{Kirişler için} \quad 0,40 \, El_0 \quad (3.3)$$

$$\text{Kolonlar için} \quad N_D / (A_C f_{cm}) \leq 0,10 \text{ olması durumunda } 0,40 \, El_0 \quad (3.4)$$

$$N_D / (A_C f_{cm}) \geq 0,40 \text{ olması durumunda } 0,80 \, El_0$$

Eşitlik 3.4 de tanımlanan ifadedeki ara durumlar için doğrusal enterpolasyon yapılır. Analiz sonucunda her çerçeve için elde edilen performans eğrileri, kırılma noktaları, kesit hasar sınırları sınıflandırılarak yapının performans seviyesi çıkartılır.

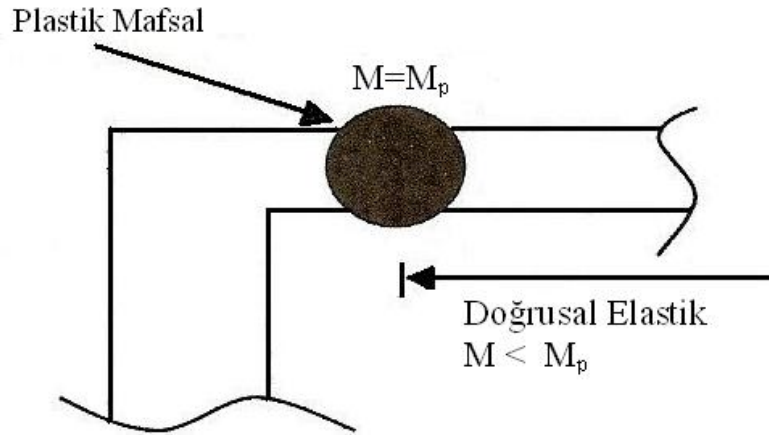
Yapılan itme analizi ile koordinatları tepe yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti olan bina performans eğrisi elde edilir. Tepe yer değiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan X deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yer değiştirmelerdir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin X deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme analizi sonucunda SAP 2000 programı yardımıyla her çerçeveye ait performans noktası elde edilerek her çerçeve sistemi bu noktalara göre değerlendirilir.

3.2.2.1 Nonlineer Davranış Modellemesinde Plastik Mafsal (Hinge) Özellikleri

Doğrusal olmayan statik itme analizi yapılabilmesi için modelleme sırasında her elemana plastik mafsal özelliği tanımlanarak atanmıştır. Plastik mafsalın oluşumu şu biçimdedir:

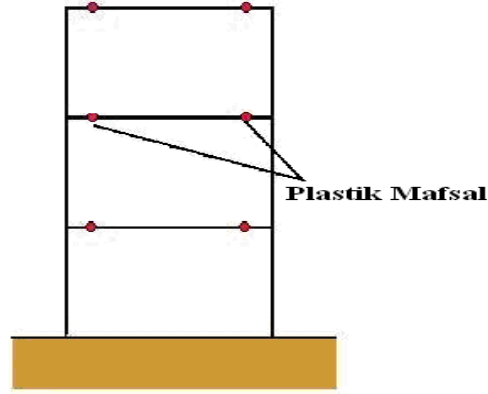
Bir yapı elemanının yüklenmesinden oluşan çekme ve basınç gerilmelerinin dağılımı, enkesitte kesitin kenarlarında maksimum, atalet merkezinde (yani kabaca kesitin ortalarına yakın yerlerde) sıfırdır. Eğer yükleme artırılırsa, kesit kenarlarında nihai gerilme değerlerine ulaşacağından artık burada gerilme artmaz; gerilmeler kesitin içine doğru artar. Gerilmeler atalet merkezinde de nihai sınıra ulaşır. Artık kesit tam anlamıyla maksimum gerilme ile yüklenmiştir. Bu durumda bu enkesit ve bulunduğu bölge teoride sonsuz, pratikte kopana kadar dönecektir. Bu oluşan kesite plastik mafsal denir. Şekil 3.3'te plastik mafsal oluşumu görülmektedir.

Plastik mafsalın bilinen birleşim elemanı mafsalından farkı, üzerinde taşıma gücünden dolayı bir miktar moment taşımaktadır. bu moment değerine plastik moment denir. Plastik mafsalda, bu moment değerinden daha fazla moment oluşmaz.



Şekil 3.3 Birleşim noktasında kiriş elemanında oluşan plastik mafsalın şematik gösterimi

Lineer olmayan şekil değiştirmelerin plastik mafsallarda toplandığı varsayımı yapı tasarımında kullanılan bir yöntemdir. Plastik şekil değiştirme yapan elemanın, yüklemenin devam etmesi sonucu en nihayetinde oluşturacağı dönme serbestlikli kesit, eğilmede taşıma gücüne ulaşmıştır. Çerçeve türü bir yapının göçme konumuna gelebilmesi için yeterli sayıda plastik mafsallarda olmalıdır. Şekil 3.4'te çerçeve türü yapıda oluşan plastik mafsallar görülmektedir.

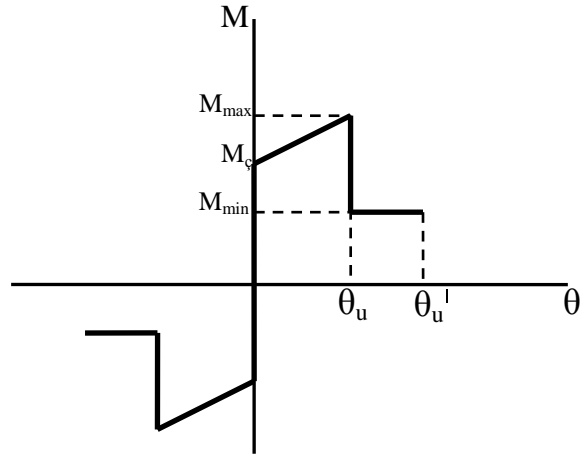


Şekil 3.4 Çerçeve türü yapıda oluşan plastik mafsallar

Sistemler Sap 2000 programında modellenirken çerçeve sistemindeki elemanlara plastik mafsallarda özellikleri tanımlanarak atanmıştır. Bu mafsallar: PMM, M3 ve P

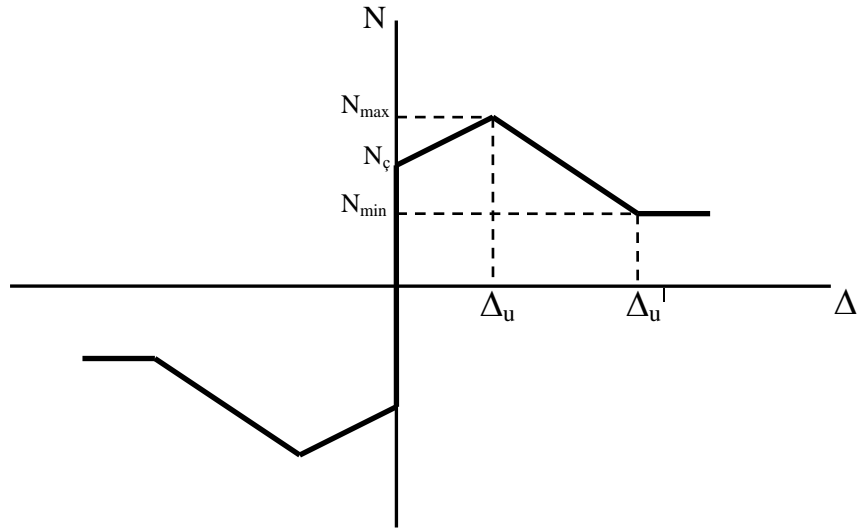
PMM (P-M2-M3) : Kolonlarda kullanılır. Karşılıklı etki yüzeyi ve kullanım yükleri altında ortaya çıkan normal kuvvet düzeyi için mevcut donatı ile moment eğrilik ilişkisi belirlenir. Kolonlara için tanımlanan plastik dönme ilişki şekil 3.5'te gösterilmektedir.

M3 : Kirişlerde ilgili doğrultularda kullanılır. Alt ve üst donatılar esas alınarak belirlenir. Bazı durumlarda kolonlar içinde kullanılabilir. Kirişler için tanımlanan plastik dönme ilişki şekil 3.5'te gösterilmektedir.

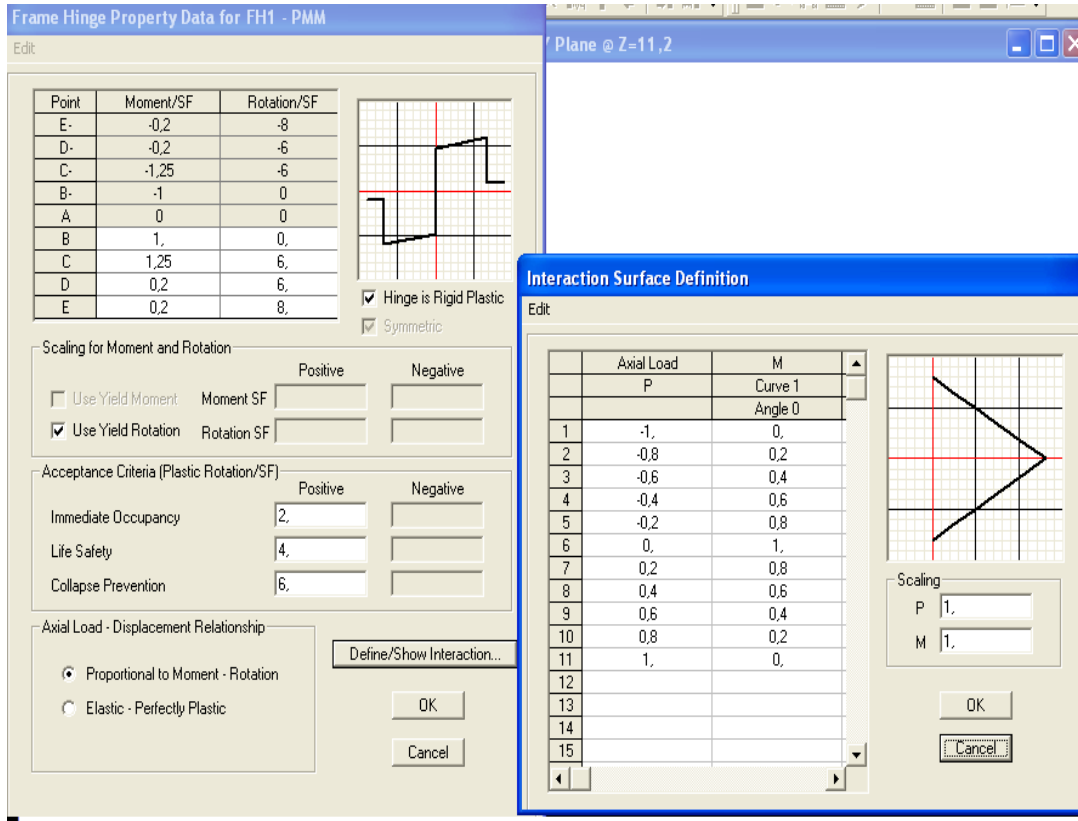


Şekil 3.5 Kolon ve kirişler için tanımlanan moment-plastik dönme ilişkisi

P (Axial) : Dolgu duvarların plastik kısalma –çatlama etkisi için atanır. Eksenel yük taşıyan elemanlarda kullanılır. Çelik yapılarda iki ucu mafsallı çaprazlar veya kafes kiriş elemanlarında kullanılabilir. Duvarlar için tanımlanan plastik dönme ilişki şekil 3.6 da gösterilmektedir.



Şekil 3.6 Dolgu duvarlar için tanımlanan kuvvet -yerdeğiştirme ilişkisi



Şekil 3.7 Sap 2000’de kolon için tanımlanan plastik mafsıl özelliği

3.3 Betonarme Binaların Deprem Performansının Belirlenmesinde Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme İlkeleri

Yapıların performansının değerlendirilmesi genel olarak iki farklı kritere göre yapılabilmektedir. Bu kriterler, dayanım ve kuvvet bazlı değerlendirme, yer değiştirme ve şekil değiştirme bazlı değerlendirmelerdir.

3.3.1 Dayanım ve Kuvvet Bazlı Değerlendirme

Bu değerlendirme sisteminde yapı elemanlarının dayanım kapasiteleri elastik deprem yüklerinden oluşan ve lineer teoriye göre hesaplanan etkilerle karşılaştırılır ve yapı elemanının sünekliğini gözönüne alan, eleman bazındaki bir tür deprem yükü azaltma katsayısı kullanılarak, binadan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığının kontrol edilmesiyle yapılan değerlendirmedir.

3.3.2 Yer Değiştirme ve Şekil Değiştirme Bazlı Değerlendirme

Bu değerlendirmede genel olarak malzeme ve geometri değişimleri bakımından lineer olmayan sistem hesabına dayanan yöntemdir. Belirli bir deprem etkisi için binada yer değiştirme istemine ulaşıldığında, yapıdan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığının kontrol edilmesiyle yapılan değerlendirmedir.

3.4 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

3.4.1 Kesit Hasar Sınırları

Çizelge 3.6'da sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum sembol olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 3.6 Kesit hasar sembol ve değerleri

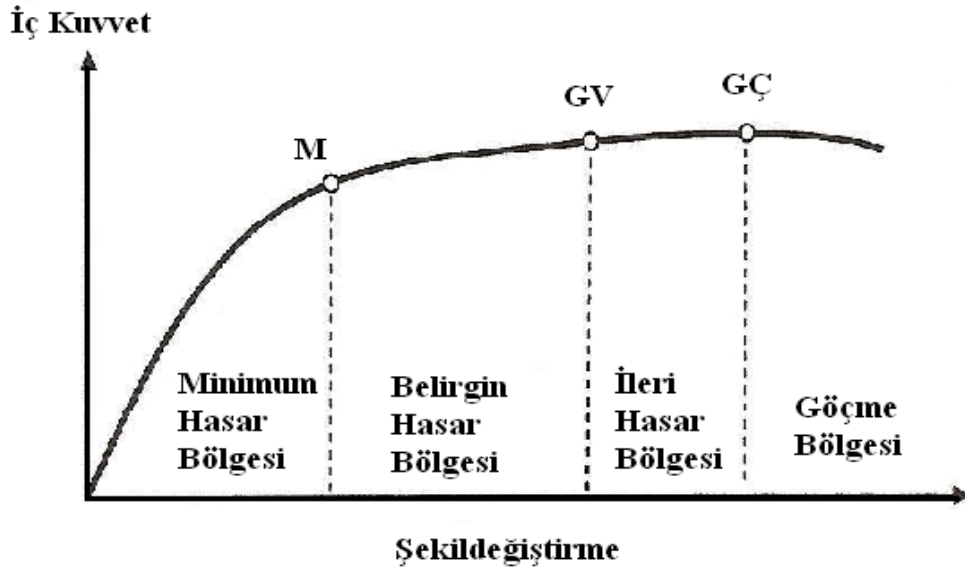
Sembol	Adı	Sınır Değeri
M	Minimum Hasar	Elastik ötesi davranış başlangıcı
GV	Güvenlik Sınırı	Kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranış
GÇ	Göçme Sınırı	Kesitin göçme ötesi davranışı

3.4.2 Kesit Hasar Bölgeleri

Çizelge 3.7'de gösterilen değerler yapıdaki değerlendirmede hasarı tanımlamamıza yardımcı olacaktır ayrıca şekil 3.8'de gösterilen grafikte çizelgenin grafiğe yansımış durumudur.

Çizelge 3.7 Kesit hasar tanımları ve değer aralıkları

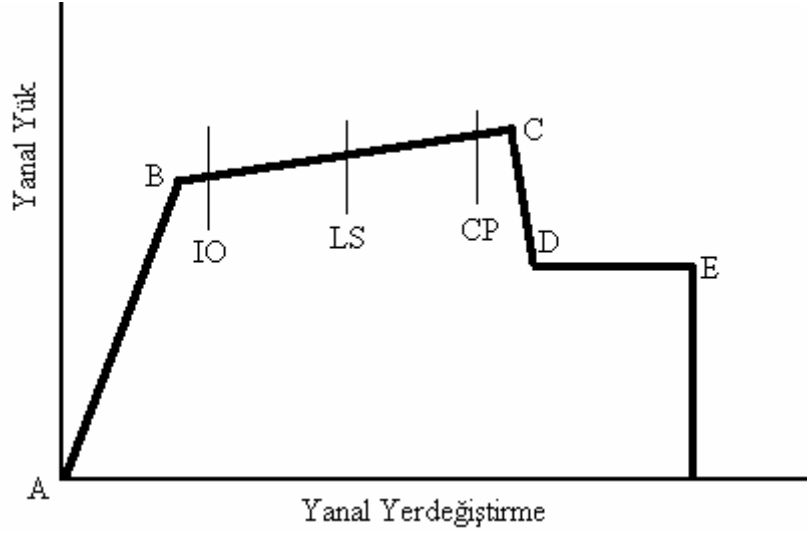
Sembol	Adı	Değer Aralığı
MH	Minimum Hasar	$0 \leq M$
BH	Belirgin Hasar	$M - GV$
İH	İleri Hasar	$GV - GÇ$
GB	Göçme Bölgesi	$> GB$



Şekil 3.8 Kesit hasar sınırları ve bölgeleri

3.5 Bina Deprem Performans Seviyesi

Bina deprem yükü altından yapı sisteminde oluşması beklenen hasarın durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu şekil 3.9'de gösterildiği gibi tanımlanmıştır.



Şekil 3.9 Yapı elemanları için yük-yerdeğiştirme ilişkisi

Hemen Kullanım Performans Seviyesi (IO): Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanlarda oluşan hasar minimum düzeydedir. Elemanlar rijitlik ve dayanım özelliklerini korumaktadır. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmamış, az sayıda elemanda akma sınırı aşılmış olabilir. Yapısal olmayan elemanlarda çatlamlar görülebilir ancak bunlar onarılabilir düzeydedir. Uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla % 10'u belirgin hasar bölgesine geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesindedir. Bu durumda bina hemen kullanım durumunda kabul edilir.

Can Güvenliği Performans Seviyesi (LS) : Uygulanan deprem etkisi altında yapı elemanlarının bir kısmında hasar görülür, ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar düşey elemanlar düşey yüklerin taşınması için yeterlidir. Yapısal olmayan elemanlar hasarlı olmakla birlikte dolgu duvarlar yıkılmamıştır. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir, ancak gözle fark edilir düzeyde değildir. Uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla % 20'si ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir. Ancak ileri hasar bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından karşılanan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi veya belirgin hasar bölgesindedir. Bu durumda bina can güvenliği durumunda kabul edilir.

Göçmenin Önlendiği Performans Seviyesi (PS): Uygulanan deprem etkisi altında yapı elemanlarının önemli bir kısmında hasar görülür. Bu elemanlar bazılarının yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır, dolgu duvarların bir bölümü yıkılmıştır. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmuştur. Uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla % 20'si ve kolonların bir kısmı göçme bölgesine geçebilir. Ancak göçme bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır ve bu elemanların durumu yapının kararlılığını bozmamalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi, belirgin hasar bölgesi veya ileri hasar bölgesindedir. Bu durumda bina göçmenin önlenmesi durumunda kabul edilir.

Göçme Durumu (CP): Yapı uygulanan deprem etkisi altında göçme durumuna ulaşır. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyen elemanlar düşey yüklerin bir bölümünü taşıyabilmektedir; fakat rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür. Yapıda belirgin kalıcı ötelenmeler oluşmuştur. Yapı tamamen göçmüştür ya da yıkılmanın eşiğindedir. Göçmenin önlenmesi durumu sağlanmıyorsa bina göçme durumundadır ve bu durumda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

3.6 Modelleme Örnekleri

Modellemede kullanılan 3 farklı tipteki bina sistemi STA4-CAD bilgisayar programında çizelge 3.8’de verilen özelliklerle modellenmiştir. Modellemede her bir çerçeve sistemi için aynı parametreler kullanılmıştır.

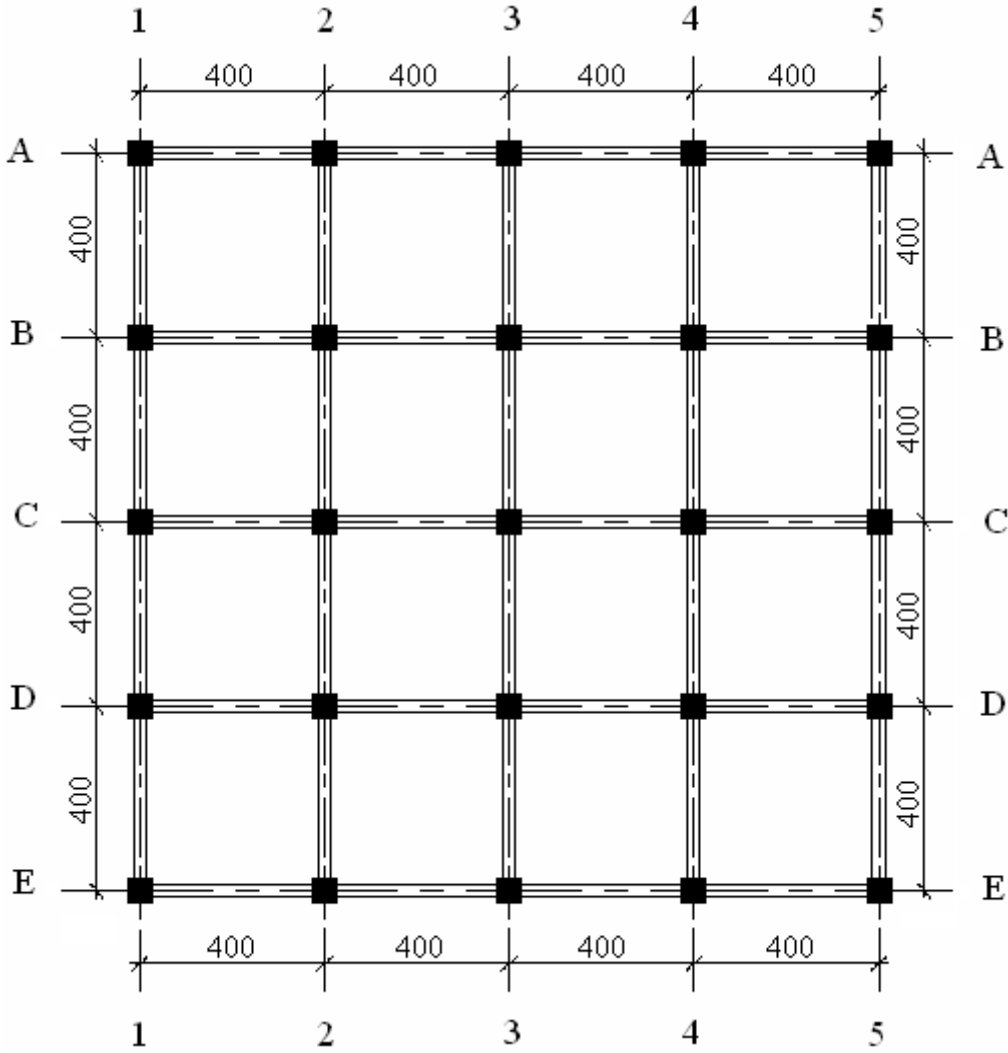
Çizelge 3.8 Analiz için kullanılan binanın modelleme parametreleri

Bina Özelliği	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3
Kat Adedi	4	5	5
Kat Yüksekliği (m)	2,8	2,8	2,8
Deprem Bölgesi	1. Bölge	1. Bölge	1. Bölge
Yapı Davranış Katsayısı (R)	8	8	8
Yapı Önem Katsayısı (I)	1	1	1
Zemin Sınıfı	Z1	Z1	Z1
Ta	0,1	0,1	0,1
Tb	0,3	0,3	0,3
Zemin Emniyet gerilmesi (kN/m²)	200	200	200
1. ve 2. Kat Kolon Boyutları	40x40	40x40	40x40
2. ve 3. Kat Kolon Boyutları	35x35	35x35	35x35
Kiriş Boyutları	25x50	20x50	20x50
Döşeme Yükleri			
G (kN/m ²)	5	5	5
Q (kN/m ²)	2	2	2
Beton Sınıfı	BS 20	BS 16	BS 16
Çelik Sınıfı	BÇ III (S 420)	BÇ I (S 220)	BÇ I (S 220)

3.6.1 Örnek 1

Modellemede bodrum ve asma kat olmayıp toplam bina yüksekliği 11,2 metredir. Sistem ABYBHY'ne göre modellenip analiz edilmiştir.

Bina, şekil 3.10'da görüldüğü gibi her iki yönde 4 açıklığı olup ve her açıklık arası 4 metredir. Dolgu duvarlı modellemede tüm akslarda dolgu duvar kullanılmış olup kapı ve pencere boşlukları bulunmamaktadır.



Şekil 3.10 Örnek 1'in kat kalıp planı

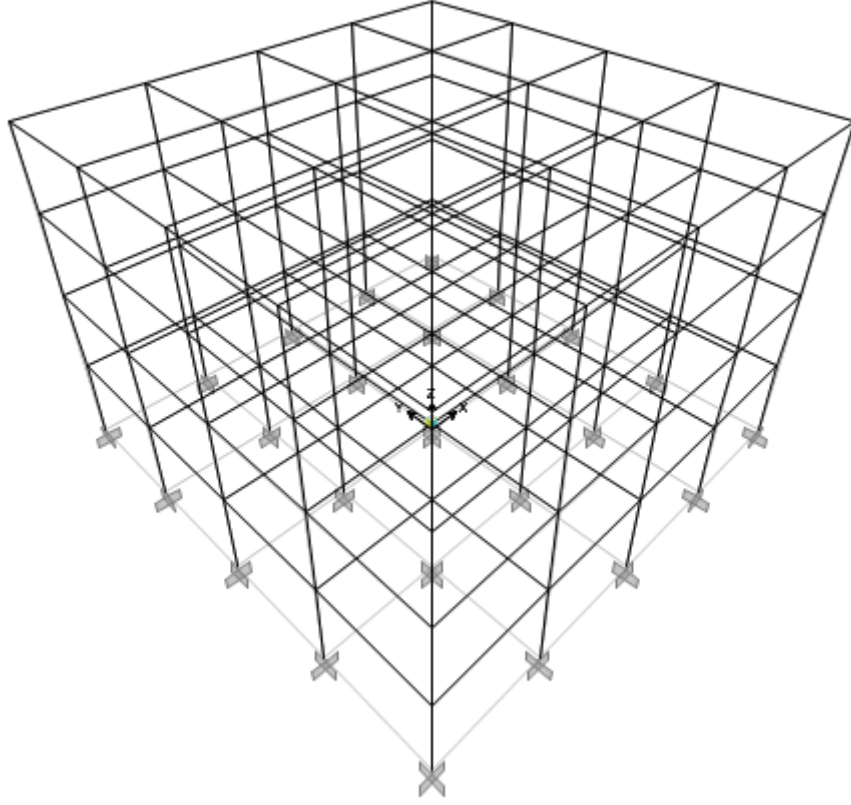
3.6.1.1 Dolgu Duvarın Modellenme Parametreleri

Dolgu duvarların pandül genişlikleri, elastisite modülleri, duvar kalınlıkları, sanal çapraz çubukların boyları ve plastik mafsal ataması P (Axial) mafsalına ait basınç çatlama dayanımı ($N_{\check{c}}$), maksimum basınç dayanımı (N_{max}), minimum basınç dayanımı (N_{min}), N_{max} için plastik kısalma değeri, N_{min} için plastik kısalma değeri üç farklı sistem modeli için çizelge 3.9’da verilmiştir. Çizelgede ifade edilen alt katlar 1. ve 2. katlar, üst katlar ise 3. ve 4. katlardır. Dış olarak ifade edilen dış duvarlar olup iç olarak ifade edilen ise iç duvarlardır. Modellemede X ve Y yöndeki açıklıklar ve duvarlar aynı olduğu için verilen değerler her iki yönde kullanılmaktadır.

Çizelge 3.9 Dolgu duvarların modellenme parametreleri

Parametreler	Tuğla Duvarlar				Gazbeton Duvarlar			
	Alt Katlar		Üst Katlar		Alt Katlar		Üst Katlar	
	Dış	İç	Dış	İç	Dış	İç	Dış	İç
(t) Duvar Kalınlığı (cm)	20	10	20	10	20	10	20	10
(l) Pandül Uzunluğu (cm)	427,2	427,2	431,4	431,4	427,2	427,2	431,4	431,4
(E) Elastisite Modülü (MPa)	1393	1393	1393	1393	2091	2091	2091	2091
(W) Pandül Genişliği (cm)	53,61	57,11	51,27	54,68	51,88	55,06	49,23	57,08
$N_{\check{c}}$ (KN)	128,6	68,53	123,0	65,62	123,3	66,07	118,15	68,50
N_{min} (KN)	25,73	13,71	24,61	13,12	24,66	13,21	23,63	13,70
N_{max} (KN)	167,2	89,09	159,9	85,31	160,3	85,89	153,6	89,05
Δu (cm)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$\Delta u'$ (cm)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Dolgu duvarsız çerçeve sisteminin SAP 2000 programındaki modellenmiş üç boyutlu görüntüsü şekil 3.11’de gösterilmiştir.

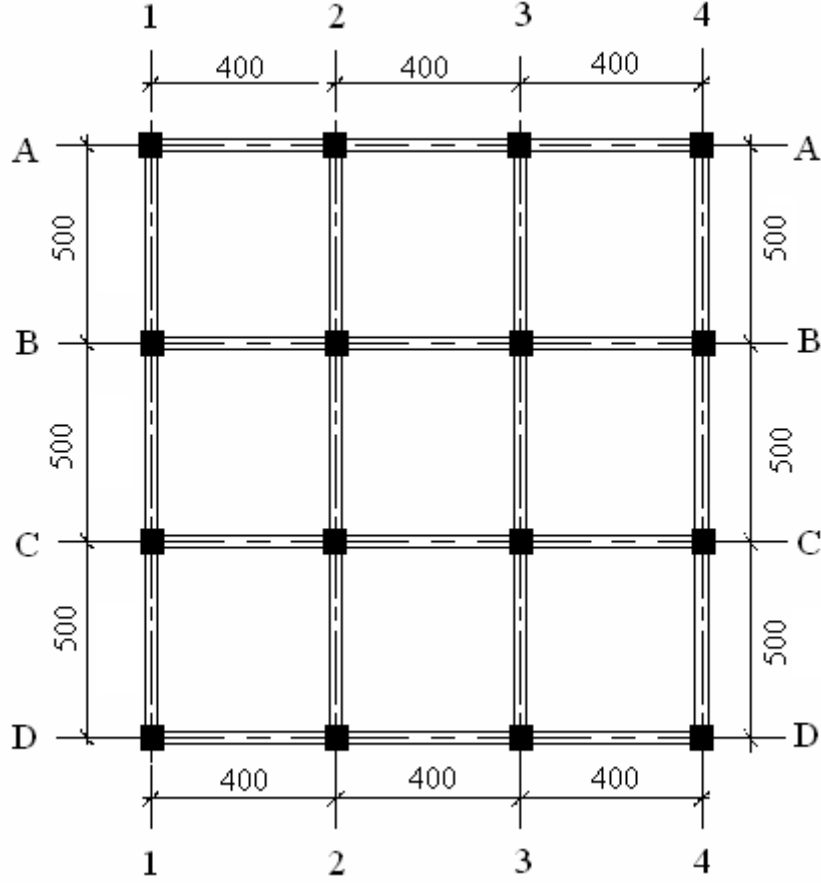


Şekil 3.11 Örnek 1’in dolgu duvarsız çerçevenin SAP 2000’deki modellenmiş görüntüsü

3.6.2 Örnek 2

Modellemede bodrum ve asma kat olmayıp toplam bina yüksekliği 14 metredir. Sistem 1975 deprem yönetmeliğine göre modellenip analiz edilmiştir.

Bina, şekil 3.12’de görüldüğü gibi her iki yönde 3 açıklığı olup ve X yönündeki açıklık arası 4 metre, Y yönündeki açıklık arası 5 metredir. Dolgu duvarlı modellemede zemin katta dolgu duvar bulunmamakta diğer tüm akslarda dolgu duvar kullanılmakta, kapı ve pencere boşlukları bulunmamaktadır. Ayrıca binanın zemin katında asma katı olmayan iş yeri bulunmaktadır.



Şekil 3.12 Örnek 2'nin kat kalıp planı

3.6.2.1 Dolgu Duvarın Modellenme Parametreleri

Dolgu duvarların pandül genişlikleri, elastisite modülleri, duvar kalınlıkları, sanal çapraz çubukların boyları ve plastik mafsal ataması P (Axial) mafsalına ait basınç çatlama dayanımı (Nç), maksimum basınç dayanımı (Nmax), minimum basınç dayanımı (Nmin), Nmax için plastik kısalma değeri, Nmin için plastik kısalma değeri üç farklı sistem modeli için çizelge 3.10 ve 3.11’de verilmiştir. Çizelgede ifade edilen alt katlar 1. ve 2. ve 3. katlar, üst katlar ise 4. ve 5. katlardır. Dış olarak ifade edilen dış duvarlar olup iç olarak ifade edilen ise iç duvarlardır. Modellemede X yöndeki açıklıklar ile Y yöndeki açıklıklar farklı olduğundan her iki yöndeki parametreler çizelgelere listelenmiştir. Tuğla dolgu duvarın modellenmesi için kullanılacak olan parametreler çizelge 3.10’da ve gazbeton dolgu duvarın modellenmesi için kullanılacak olan parametreler çizelge 3.11’de verilmiştir.

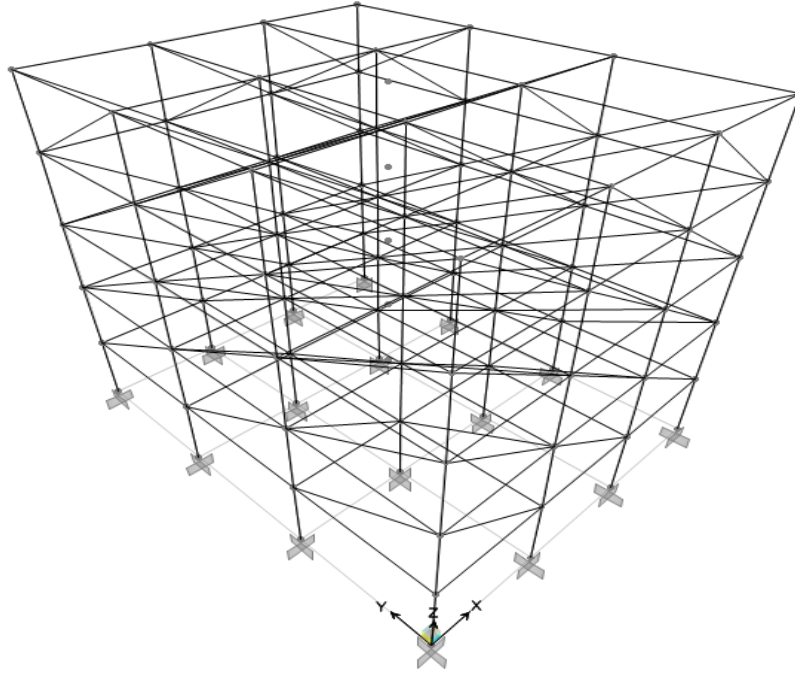
Çizelge 3.10 Tuğla dolgu duvarların modellenme parametreleri

Parametreler	Tuğla Duvarlar							
	Alt Katlar				Üst Katlar			
	Dış		İç		Dış		İç	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
(t) Duvar Kalınlığı (cm)	20	10	20	10	20	10	20	10
(l) Pandül Uzunluğu (cm)	427,2	514,2	431,4	514,2	428,8	518,2	432,9	518,7
(E) Elastisite Modülü (MPa)	1393	1393	1393	1393	2091	2091	2091	2091
(W) Pandül Genişliği (cm)	53,61	53,4	57,10	57,20	51,3	51,30	54,7	54,90
Nç (KN)	128,7	128,2	68,53	68,65	123,3	123,1	65,61	65,98
Nmin (KN)	25,73	25,64	13,71	13,73	24,66	24,61	13,12	13,20
Nmax (KN)	167,3	166,7	89,09	89,25	160,3	159,9	85,29	85,77
Δu (cm)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Δu' (cm)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Çizelge 3.11 Gazbeton duvarların modellenme parametreleri

Parametreler	Gazbeton Duvarlar							
	Alt Katlar				Üst Katlar			
	Dış		İç		Dış		İç	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
(t) Duvar Kalınlığı (cm)	20	10	20	10	20	10	20	10
(l) Pandül Uzunluğu (cm)	427,2	514,29	431,4	514,29	428,8	518,2	432,9	518,7
(E) Elastisite Modülü (MPa)	1393	1393	1393	2091	2091	2091	2091	2091
(W) Pandül Genişliği (cm)	51,4	53,10	55,40	57,20	49,20	51,00	57,10	57,40
Nç (KN)	123,31	127,45	66,37	68,65	118,15	122,50	68,86	71,33
Nmin (KN)	24,66	25,49	13,27	13,73	23,63	24,50	13,77	14,25
Nmax (KN)	160,30	165,69	86,28	89,25	153,60	159,25	89,52	92,73
Δu (cm)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$\Delta u'$ (cm)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Tuğla dolgu duvarlı çerçeve sisteminin SAP 2000 programındaki modellenmiş 3 boyutlu görünümü şekil 3.13'te gösterilmiştir.

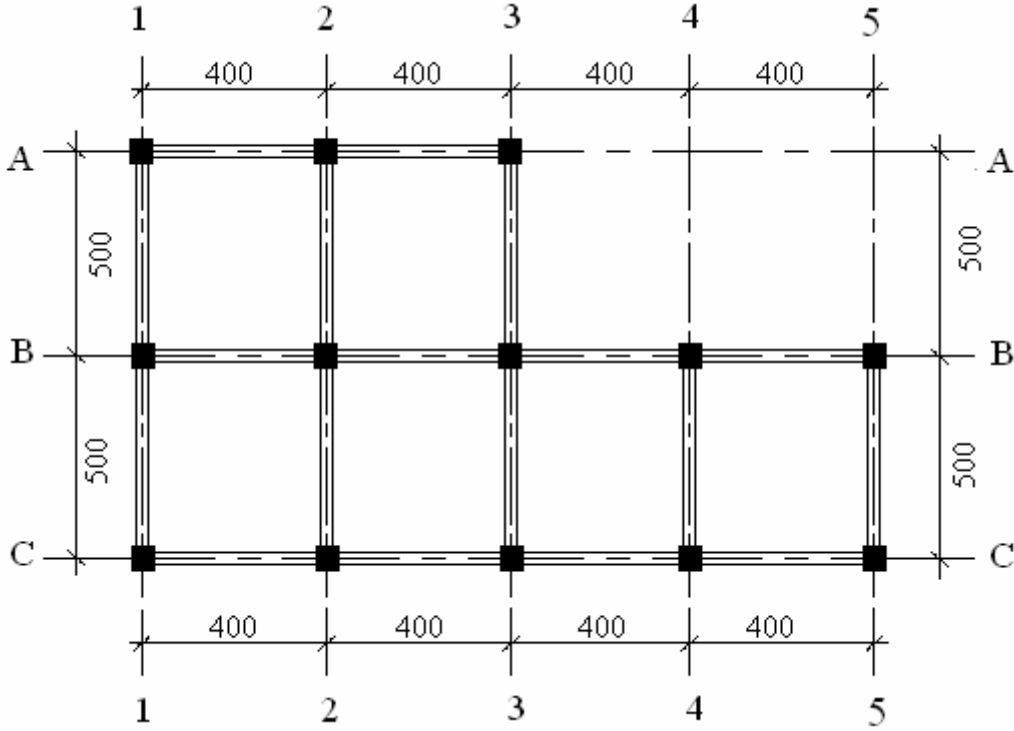


şekil 3.13 Örnek 2'nin dolgu duvarlı çerçevenin SAP 2000 deki modellenmiş görüntüsü

3.6.3 Örnek 3

Modellemede bodrum ve asma kat olmayıp toplam bina yüksekliği 14 metredir. Sistem 1975 deprem yönetmeliğine göre modellenip analiz edilmiştir.

Bina, şekil 3.14'te görüldüğü gibi binanın ön tarafı X yönünde 4 açıklığı, arka tarafı X yönünde 2 açıklığı olup ve X yönündeki açıklık arası 4 metre, Y yönünde ise ön tarafı 2 açıklığı, arka tarafı tek açıklığı olup Y önündeki açıklık arası 5 metredir. Dolgu duvarlı modellemede bina tamamı iş yeri olarak modellenmiştir. Bundan dolayı sadece dış kısımları dolgu duvar kullanılmakta iç kısımlarında dolgu duvar bulunmamaktadır. Kapı ve pencere boşlukları bulunmamaktadır.



Şekil 3.14 Örnek 3'ün kat kalıp planı

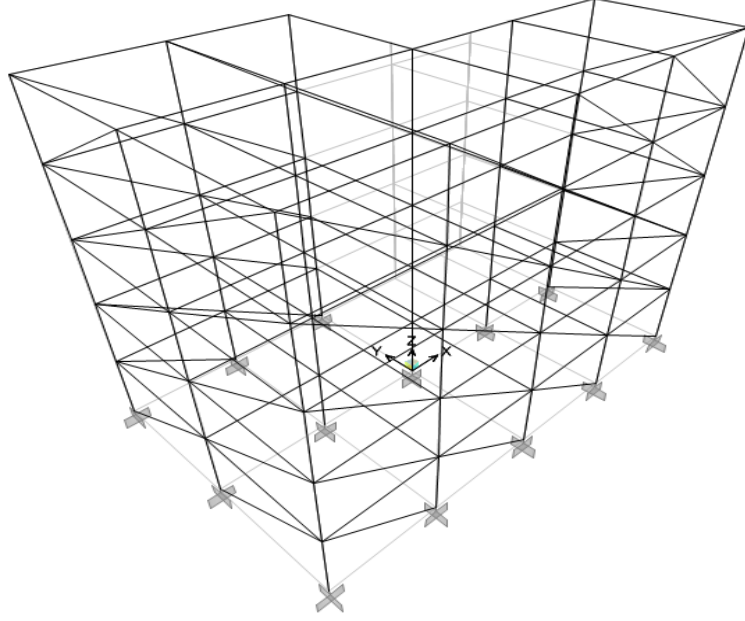
3.6.3.1 Dolgu Duvarın Modelleme Parametreleri

Dolgu duvarların pandül genişlikleri, elastisite modülleri, duvar kalınlıkları, sanal çapraz çubukların boyları ve plastik mafsal ataması P (Axial) mafsalına ait basınç çatlama dayanımı ($N_{ç}$), maksimum basınç dayanımı (N_{max}), minimum basınç dayanımı (N_{min}), N_{max} için plastik kısalma değeri, N_{min} için plastik kısalma değeri üç farklı sistem modeli için çizelge 3.12’de verilmiştir. Çizelgelerde ifade edilen alt katlar 1. ve 2. ve 3. katlar, üst katlar ise 4. ve 5. katlardır. Dış olarak ifade edilen dış duvarlardır. İç duvar olmamasından dolayı bu kısımda iç duvara ait parametreler verilmemiştir. Modellemede X yöndeki açıklıklar ile Y yöndeki açıklıklar farklı olduğundan her iki yöndeki parametreler çizelgede listelenmiştir.

Çizelge 3.12 Dolgu duvarların modellenme parametreleri

	Tuğla Duvar				Gazbeton Duvar			
	Alt Kat Dış		Üst Kat Dış		Alt Kat Dış		Üst Kat Dış	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
(t) Duvar Kalınlığı (cm)	20	10	20	10	20	10	20	10
(l) Pandül Uzunluğu (cm)	427,2	514,29	431,4	514,29	427,2	518,77	431,4	518,77
(E) Elastisite Modülü (MPa)	1393	1393	1393	2091	2091	2091	2091	2091
(W) Pandül Genişliği (cm)	53,60	53,40	51,28	51,20	51,40	53,10	49,25	51,05
$N_{ç}$ (KN)	128,66	128,21	123,05	124,86	123,31	127,45	118,15	122,96
N_{min} (KN)	25,73	25,64	24,61	24,97	24,66	25,49	23,63	24,59
N_{max} (KN)	167,26	166,67	159,96	162,31	160,31	165,68	153,60	159,85
Δu (cm)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$\Delta u'$ (cm)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sisteminin SAP 2000 programındaki modellenmiş 3 boyutlu görünümü şekil 3.15’de gösterilmiştir.



Şekil 3.15 Örnek 3’ün Dolgu duvarlı çerçevenin SAP 2000 deki modellenmiş görüntüsü

4. BULGULAR

4.1 Örnek 1

Bu sistem modelinin dolgu duvarlı modellenmesinde binanın her katında ve tüm akslar boyunca dolgu duvar bulunmakta ve DBYBHY'ne göre modellenerek analizi yapılmıştır.

Binaya ait her bir sistem modeli için kat kütleleri çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında dolgu duvarlı malzemelerde tuğla dolgu duvarlı çerçeve sistemi dolgu duvarsız çerçeve sisteminden kütle bazında 231,756 KNs/m, gazbeton dolgu duvarlı çerçeve dolgu duvarsız çerçeve sisteminden ise kütle bazında 127,597 KNs/m daha ağırdır.

Çizelge 4.1 Örnek 1'e ait çerçeve sistemlerinin kat kütleleri ve toplam kütleleri

Kat No	Kat Kütleleri (KNs/m)		
	Dolgu Duvarsız	Tuğla Dolgu Duvarlı	Gazbeton Dolgu Duvarlı
4	201,525	201,525	201,525
3	201,525	279,489	244,449
2	207,360	284,256	249,696
1	207,360	284,256	249,696
Toplam	817,770	1049,526	945,367

4.1.1 Lineer Analiz

Çerçeve sistemleri lineer analiz olarak Eşdeğer Deprem Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemine göre analiz edilmiş dolgu duvarsız çerçeve sisteminde V_t (modal) < 0,9 V_t (eşdeğer) koşulu sağlanamadığından modal analizdeki taban kesme kuvvetleri, diğer çerçeve sisteminde ise bu eşitlik sağlandığından eşdeğer deprem yükünün 0,9 katı baz alınmıştır. Baz alınan deprem kuvvetleri altında üç ayrı çerçeve sistemi çözülmüş ve

binanın 1. doğal titreşim periyotları, eşdeğer deprem yükleri, modal analiz sonucu deprem yükleri ve yapının ağırlıkları üç çerçeve sistemi için çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Örnek 1’in 1. moddaki doğal titreşim periyotları, deprem yükleri ve yapı ağırlıkları

Çerçeve Sistemi	1.Doğal Titreşim Periyotları (sn)	Eşdeğer Deprem Yükü Vt (kN)	Modal Deprem Yükü Vt (kN)	Yapının Ağırlığı (kN)
Dolgu Duvarsız	0,5738	753,10	708,12	8022,32
Tuğla Dolgulu	0,4014	966,52	793,233	10295,85
Gazbeton Dolgulu	0,3453	870,60	774,501	9274,05

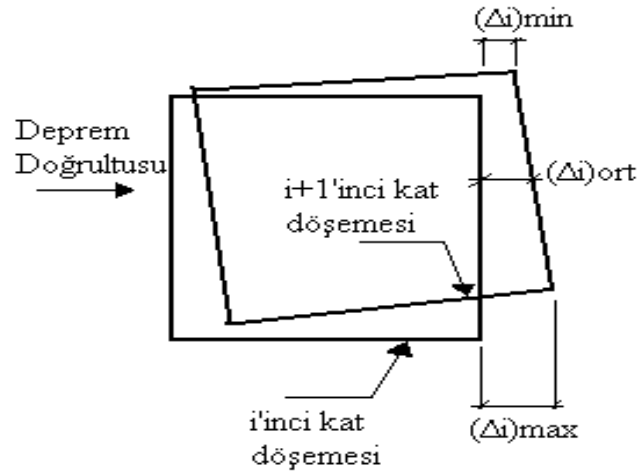
Sistemlerin her durumunda kütle merkezi ile rijitlik merkezi çakışık ve tam ortada olduğundan X ve Y yöndeki deprem kuvvetleri aynı olduğu çizelge 4.3’de görülmektedir. Bu kuvvetlerin aynı olmasından dolayı sistemleri sadece X yönünde incelemek yeterli olacaktır. Çizelge 4.3’e bakıldığında en büyük deprem yükü, ağırlığı en fazla olan tuğla dolgulu çerçevededir.

Çizelge 4.3 Örnek 1’e ait deprem kuvvetleri

Kat No	Deprem Kuvvetleri (kN)					
	Dolgu Duvarsız		Tuğla Dolgu Duvarlı		Gazbeton Dolgu Duvarlı	
	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
4	281,13	281,13	280,01	280,01	276,59	276,59
3	211,02	211,02	292,27	292,27	250,73	250,73
2	144,45	144,45	198,33	198,33	170,81	170,81
1	72,23	72,23	99,17	99,17	85,41	85,41
Toplam	708,121	708,121	869,87	869,87	783,54	783,54

Uygulanan deprem kuvvetleri altında katlara ait X yönündeki maksimum, minimum yerdeğiştirmeler çizelge 4.4’de verilmiştir. Ortalama yerdeğiştirmeler 4.1 deki ifadeyle bulunmaktadır.

$$(\Delta_i)_{ort} = \frac{(\Delta_i)_{min} + (\Delta_i)_{max}}{2} \quad (4.1)$$



Şekil 4.1 X yönünde oluşan yerdeğiştirmeler

Çizelge 4.4 incelendiğinde dolgusuz çerçevelerin dolgu duvarlı çerçevelere nazaran daha fazla yer değiştirdiği görölmektedir. Ayrıca gazbeton dolgu duvarlı çerçevelerin tuğla dolgu duvarlı çerçevelere nazaran daha az yer değiştirme gösterdiği görölmektedir. Üç farklı çerçeve sisteminde en büyük yerdeğiştirmelerin X yönünde ve G + Q + Ex yüklemesinde olduğu görölmektedir.

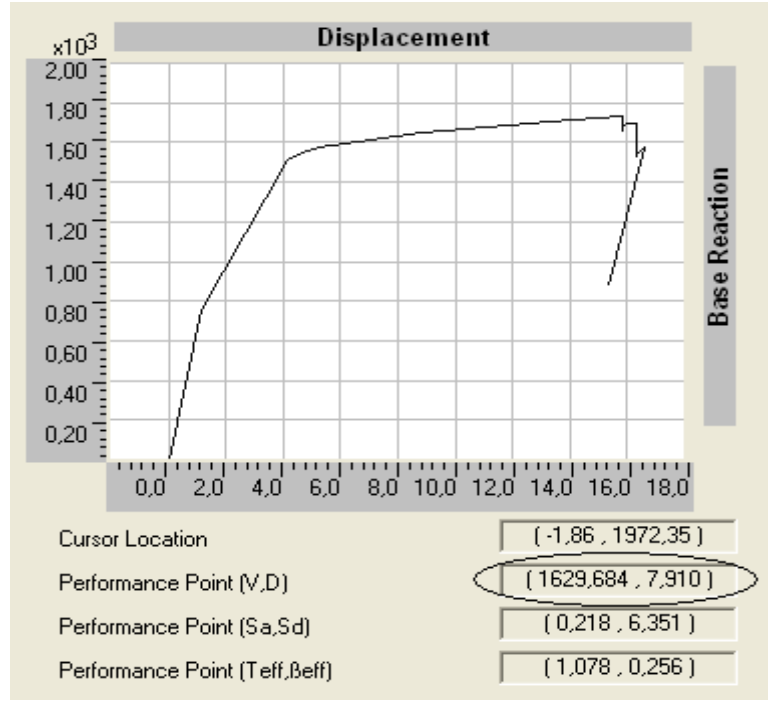
Çizelge 4.4 Örnek 1'in deprem kuvvetleri altındaki max. ve min yerdeğiştirmeleri

KAT	(Δi)	Dolgu Duvarsız		Tuğla Dolgulu		Gazbeton Dolgulu	
		x yönü (cm)	$(\Delta i)_{ort}$ (cm)	x yönü (cm)	$(\Delta i)_{ort}$ (cm)	x yönü (cm)	$(\Delta i)_{ort}$ (cm)
1. Kat	$(\Delta i)_{min}$	0,19	0,21	0,12	0,14	0,10	0,11
	$(\Delta i)_{max}$	0,23		0,15		0,12	
2. Kat	$(\Delta i)_{min}$	0,41	0,46	0,25	0,28	0,20	0,22
	$(\Delta i)_{max}$	0,51		0,30		0,24	
3. Kat	$(\Delta i)_{min}$	0,67	0,75	0,37	0,41	0,30	0,33
	$(\Delta i)_{max}$	0,82		0,44		0,36	
4. Kat	$(\Delta i)_{min}$	0,84	0,93	0,43	0,47	0,36	0,39
	$(\Delta i)_{max}$	1,02		0,51		0,42	

4.1.2 Nonlineer Analiz

Sistem doğrusal olmayan statik itme analizine tabii tutularak her bir çerçeve sistemi için elde edilen bina performans eğrileri ve her binanın performans noktaları çıkartılarak çizelge ve grafiklere dökülmüştür.

Dolgu duvarsız çerçeve sistemine ait binanın performans eğrisi şekil 4.2'de gösterilmektedir. Şekil üzerindeki oval olarak işaretlenen kısım, binanın performans noktasındaki kesme kuvveti ve yerdeğiştirme değerleridir. Kesme kuvveti ve yerdeğiştirmesi değerleri ile kolon ve kirişlere ait plastikleşen kesit sayıları çizelge 4.8 de kN- cm cinsinden verilmiştir.



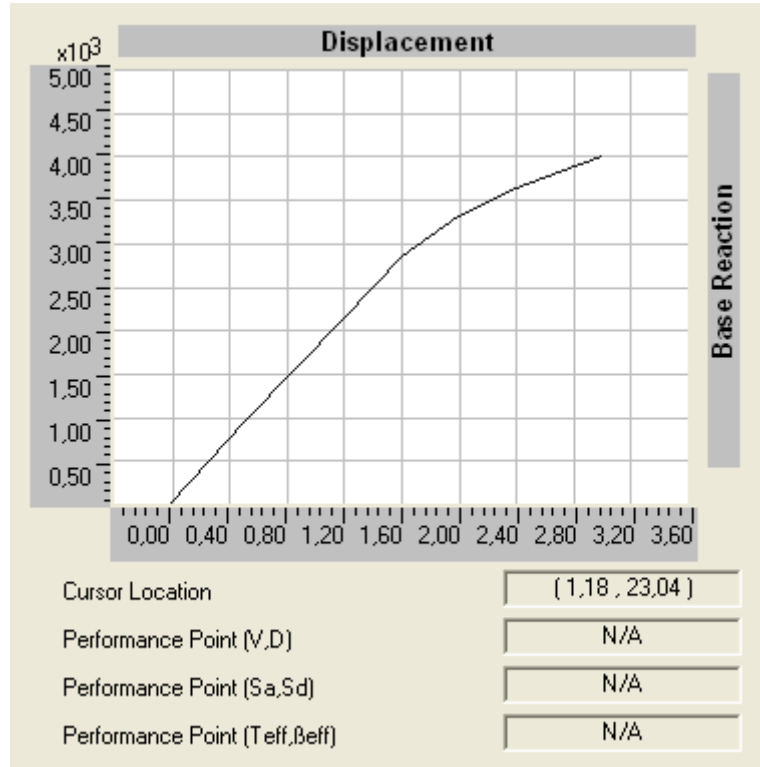
Şekil 4.2. Örnek 1'e ait dolgu duvarsız çerçeve sisteminin performans eğrisi

Dolgu duvarsız çerçeve nonlineer analiz altında çözüldüğünde her kata ait maksimum yerdeğiştirmeler ve görelî kat yerdeğiştirmeleri çizelge 4.5'te verilmiştir. Ayrıca çizelgede $(\delta_{max})/h_i \leq 0,02$ tanımlanan koşulun herhangi bir katında sağlanamaması durumunda DBYBHY'ne göre taşıyıcı sistemin rijitliğı yetersiz olduğı durum söz konusudur. Çizelge incelendiğinde tüm katların rijitliğı yeterli durumdadır.

Çizelge 4.5 Örnek 1'e ait dolgu duvarsız çerçevenin görelî yerdeğiştirmesi

KATLAR	Dolgu Duvarsız Çerçeve Yerdeğiştirmeleri			
	Kat Yüksekliğı h_i (cm)	Kat Yerdeğiştirme d_i (cm)	Görelî Yerdeğiştirme Δ_i (cm)	$\frac{\delta_{max}}{h_i} \leq 0,02$
4	280	15,22	0,94	0,003
3	280	14,28	4,57	0,016
2	280	9,71	5,20	0,019
1	280	4,51	4,51	0,016

Tuğla dolgu duvarlı çerçeve sistemine ait binanın performans eğrisi şekil 4.3’de gösterilmektedir. Binanın performans noktasındaki kesme kuvveti ve yerdeğiştirme değerlerini bu sistemde yakalanamamıştır. Programın analiz sonrası tablo yardımıyla kesme kuvveti ve yer değıştirme yaklaşık değerleri ile kolon ve kirişlere ait plastikleşen kesit sayıları çizelge 4.8’de verilmiştir.



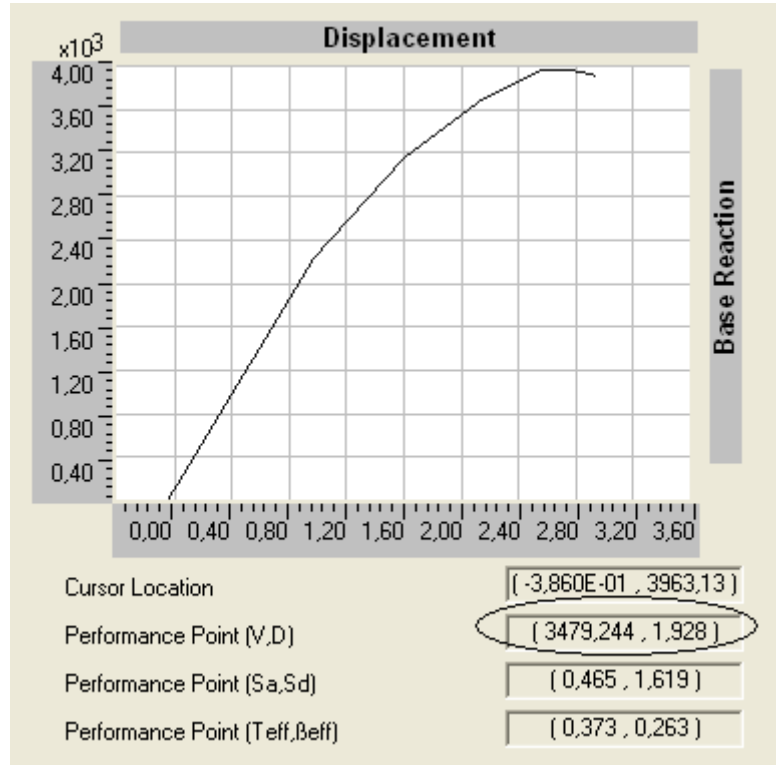
Şekil 4.3 Örnek 1’e ait tuğla dolgu duvarlı çerçeve sisteminin performans eğrisi

Tuğla dolgulu çerçeve nonlineer analiz altında çözüldüğünde her kata ait maksimum yerdeğiştirmeler ve görelî kat yerdeğiştirmeleri çizelge 4.6’da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde $(\delta_{max})/hi \leq 0,02$ tanımlanan koşulun tüm katlarda sağlandığı ve dolgu duvarsız çerçeveye göre sistemin daha rijit olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.6 Örnek 1'e ait tuğla dolgu çerçevenin görelî yerdeğıştirmesi

KATLAR	Tuğla Dolgu Duvarlı Çerçeve Yerdeğıştirmeleri			
	Kat Yüksekliği h_i (cm)	Kat Yerdeğıştirme d_i (cm)	Görelî Yerdeğıştirme Δ_i (cm)	$\frac{\delta_{max}}{h_i}$
4	280	3,00	0,37	0,001
3	280	2,63	0,83	0,003
2	280	1,80	0,94	0,003
1	280	0,86	0,84	0,003

Gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sistemine ait binanın performans eğrisi şekil 4.4'de gösterilmektedir. Şekil üzerinde oval olarak işaretlenen kısım, binanın performans noktasındaki kesme kuvveti ve yerdeğıştirme değerleridir. Kesme kuvveti ve yerdeğıştirmesi değerleri ile kolon ve kirişlere ait plastikleşen kesit sayıları çizelge 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Örnek 1'e ait gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sisteminin performans eğrisi

Gazbeton dolgulu çerçeve nonlinear analiz altında çözüldüğünde her kata ait maksimum yerdeğiştirmeler ve görelı kat yerdeğiştirmeleri çizelge 4.7’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde $(\delta_{max})/h_i \leq 0,02$ tanımlanan koşulun tüm katlarda sağlandığı ve dolgu duvarsız çerçeveye göre sistemin daha rijit olduğu görölmektedir.

Çizelge 4.7 Örnek 1’e ait gazbeton dolgulu çerçevenin görelı yerdeğiştirmesi

KATLAR	Gazbeton Dolgu Duvarlı Çerçeve Yerdeğiştirmeleri			
	Kat Yüksekliği h_i (cm)	Kat Yerdeğiştirme d_i (cm)	Görelı Yerdeğiştirme Δ_i (cm)	$\frac{\delta_{max}}{h_i}$
4	280	2,94	0,30	0,001
3	280	2,64	0,77	0,003
2	280	1,87	0,94	0,003
1	280	0,93	0,93	0,003

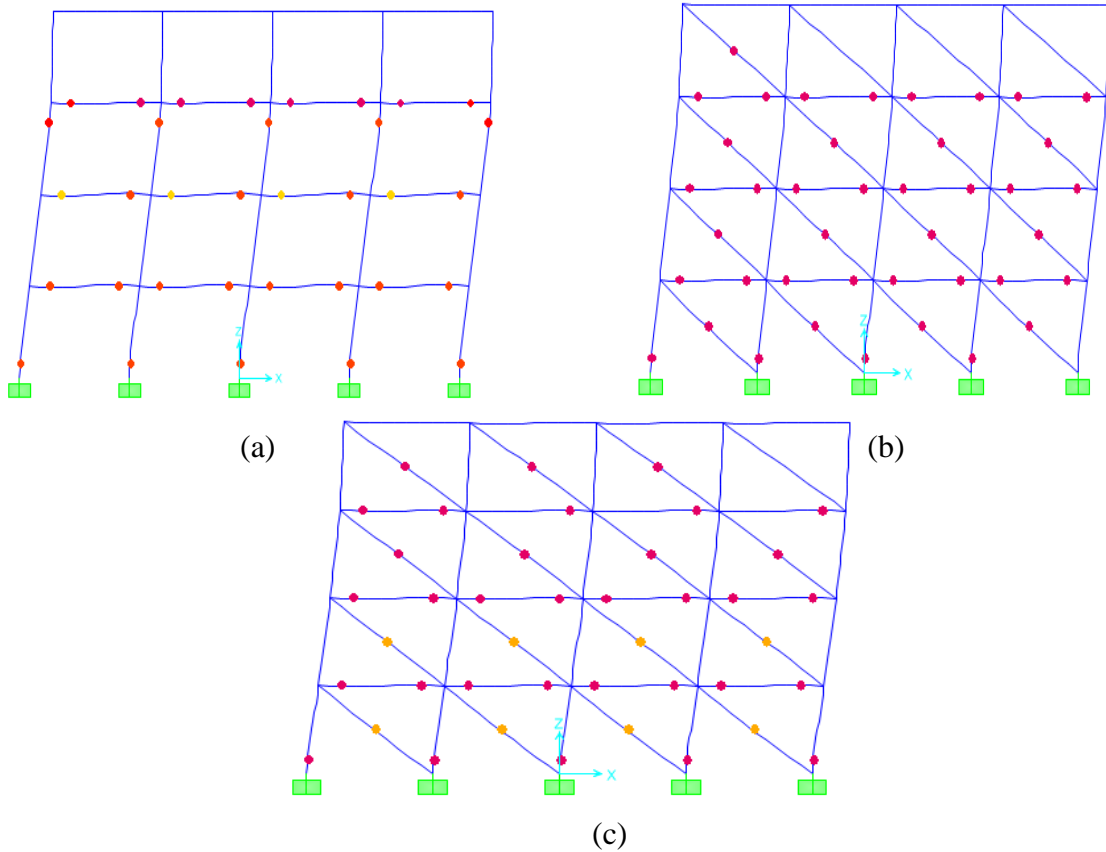
Örnek 1 için modellenip nonlinear analizde çözülen üç farklı çerçeve sistemine ait performans noktası çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde dolgu duvarların kullanılmasıyla binanın performans noktalarının oldukça arttığı ve yer değiştirmelerin azaldığı görölmektedir. İki farklı dolgu duvar malzemesi kıyaslandığında; gazbeton dolgu duvarın performans noktasının tuğla dolgulu çerçeveye göre daha rijit olduğu anlaşılmaktadır.

Dolgu duvarsız çerçeve sisteminde kirişlerde plastikleşme sayılarının göçme bölgesinde oldukça yoğun olduğu, dolgu duvarlı çerçevelerin ise plastikleşmelerin hemen kullanım seviyesinde olduğu görölmektedir.

Çizelge 4.8 Örnek 1'e ait çerçeve sistemlerinin performans noktaları ve kolon ve kirişlere ait plastikleşme sayıları

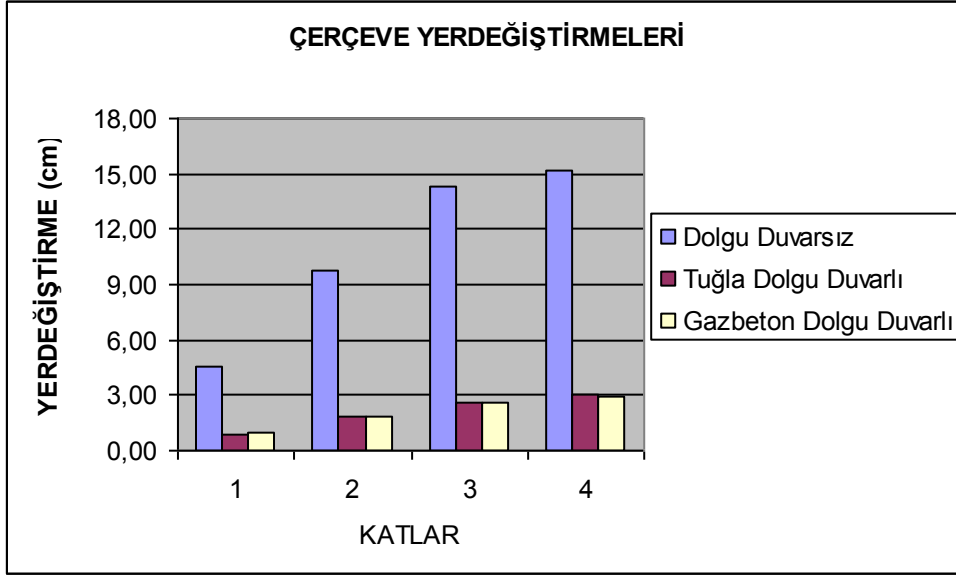
ÇERÇEVE TİPİ	PERFORMANS NOKTASI		PLASTİKLEŞME SAYILARI							
			KOLON				KİRİŞ			
	Vt (KN)	d (cm)	<IO	IO-LS	LS-CP	>CP	<IO	IO-LS	LS-CP	>CP
BOŞ	1629,68	7,90	50	7	43	0	90	5	19	46
TUĞLALI	2845,81	1,60	99	1	0	0	160	0	0	0
GAZBETONLU	3479,25	1,93	99	1	0	0	160	0	0	0

Sistemin nonlinear analizi sonucunda C-C aksındaki ilk plastik mafsalların oluşum yerlerini dolgu duvarsız çerçeve sistemi için şekil 4.5 (a) tuğla dolgulu çerçeve sistemi için şekil 4.5 (b) ve gazbeton dolgulu çerçeve sistemi için şekil 4.5 (c)'de verilmiştir.



Şekil 4.5 Dolgu duvarsız çerçeve sisteminin (a), tuğla dolgu duvarlı çerçeve sisteminin (b) ve gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sisteminin (c) C-C aksındaki plastik mafsall oluşum yerleri

Nonlineer analiz altında çözülen üç farklı çerçeve sisteminin katlara ait yerdeğıştirmeleri Şekil 4.6'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde dolgu duvarsız çerçeve sisteminin dolgu duvarlı çerçeve sistemlerine göre yerdeğıştirme değerlerinin çok yüksek olduğu görölmektedir. Farklı dolgu duvar kullanımıyla yerdeğıştirmelerin çok fazla değişmediği görölmektedir.



Şekil 4.6 Örnek 1'in üç farklı çerçeve sisteminin katlara ait yerdeğıştirmeleri

4.2 Örnek 2

Bu sistem modelinin dolgu duvarlı modellenmesinde binanın zemin kat dışında her katında ve tüm akslar boyunca dolgu duvar bulunmaktadır ve bina sistemleri 1975 yönetmeliğine göre modellenerek analizi yapılmıştır.

Binaya ait her bir sistem modeli için kat kütleleri çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında dolgu duvarlı malzemelerde tuğla dolgu duvarlı çerçeve sistemi dolgu duvarsız çerçeve sisteminden kütle bazında 221,088 KNs/m, gazbeton dolgu duvarlı çerçeve dolgu duvarsız çerçeve sisteminden ise kütle bazında 163,842 KNs/m daha ağırdır.

Çizelge 4.9 Örnek 2’ye ait çerçeve sistemlerinin kat ve toplam kütleleri

Kat No	Kat Kütleleri (KNs/m)		
	Dolgu Duvarsız	Tuğla Dolgu Duvarlı	Gazbeton Dolgu Duvarlı
5	135,074	135,074	135,074
4	135,074	190,850	176,408
3	138,892	193,996	179,728
2	138,892	193,996	179,728
1	138,892	193,996	179,728
Toplam	686,824	907,912	850,666

4.2.1 Lineer Analiz

Çerçeve sistemleri lineer analiz olarak Eşdeğer Deprem Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemine göre analiz edilmiş tüm çerçeve sisteminde V_t (modal) < 0,9 V_t (eşdeğer) koşulu sağlandığından eşdeğer deprem yükünün 0,9 katı baz alınmıştır. Baz alınan deprem kuvvetleri altında üç ayrı çerçeve sistemi çözülmüş ve binanın 1. doğal titreşim

periyotları, X yönündeki eşdeğer deprem yükleri ile modal analiz sonucu deprem yükleri ve yapının ağırlıkları üç çerçeve sistemi için çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Örnek 2’in 1. moddaki doğal titreşim periyotları, x yönündeki deprem yükleri ve yapı ağırlıkları

Çerçeve Sistemi	1.Doğal Titreşim Periyotları (sn)	Eşdeğer Deprem Yükü Vt (kN)	Modal Deprem Yükü Vt (kN)	Yapının Ağırlığı (kN)
Dolgu Duvarsız	0,7506	673,13	390,59	6737,74
Tuğla Dolgulu	0,5802	840,35	476,09	8906,62
Gazbeton Dolgulu	0,5433	798,48	455,55	8345,03

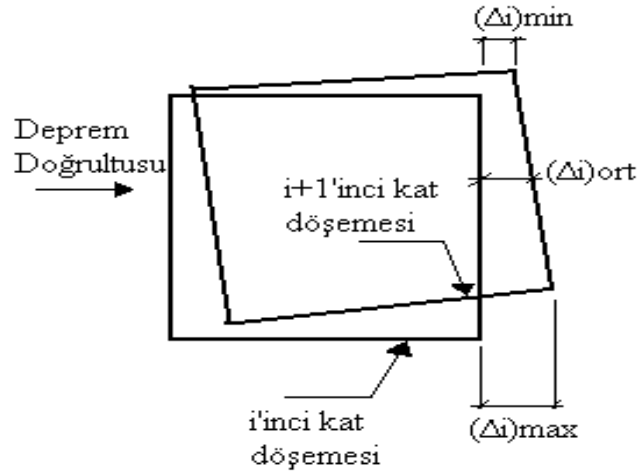
Sistemlerin her iki yöndeki açıklıkları farklı olduğundan X ve Y yöndeki deprem kuvvetleri de farklı olmaktadır. Her iki yöndeki deprem kuvvetleri çizelge 4.11’de görülmektedir. Bu kuvvetlerin farklı olmasından dolayı sistemler X ve Y yönünde ayrı ayrı incelenmektedir. Çizelge 4.11’e bakıldığında en büyük deprem yükü, ağırlığı en fazla olan tuğla dolgulu çerçevededir.

Çizelge 4.11 Örnek 2’ye ait deprem kuvvetleri

Kat No	Deprem Kuvvetleri (KN)					
	Dolgu Duvarsız		Tuğla Dolgu Duvarlı		Gazbeton Dolgu Duvarlı	
	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
5	200,99	197,87	198,84	196,29	199,40	196,69
4	157,07	153,97	217,75	213,04	202,46	198,16
3	118,61	116,60	161,00	157,71	150,54	147,59
2	86,23	84,69	118,14	115,76	110,19	108,03
1	42,90	41,91	60,58	59,26	56,04	54,80
Toplam	605,80	595,04	756,31	742,06	718,63	705,27

Uygulanan deprem kuvvetleri altında katlara ait X ve Y yönündeki maksimum, minimum yerdeğıştirmeler tüm çerçeve sistemi için çizelge 4.12’de verilmiştir. Ortalama yerdeğıştirmeler 4.2 deki ifadeyle bulunmaktadır.

$$(\Delta_i)_{ort} = \frac{(\Delta_i)_{min} + (\Delta_i)_{max}}{2} \quad (4.2)$$



Şekil 4.7 X yönünde oluşan yerdeğıştirmeler

Çizelge incelendiğinde dolgunsuz çerçeveslerin dolgu duvarlı çerçeveslere nazaran daha fazla yer değıştirdiği görülmektedir. Ayrıca gazbeton dolgu duvarlı çerçeveslerin tuğla dolgu duvarlı çerçeveslere nazaran her iki yönde daha az yer değıştirme gösterdiği görülmektedir. Üç farklı çerçeve sisteminde en büyük yerdeğıştirmelerin X yönünde ve G + Q + Ex yüklemesinde olduğu görülmektedir.

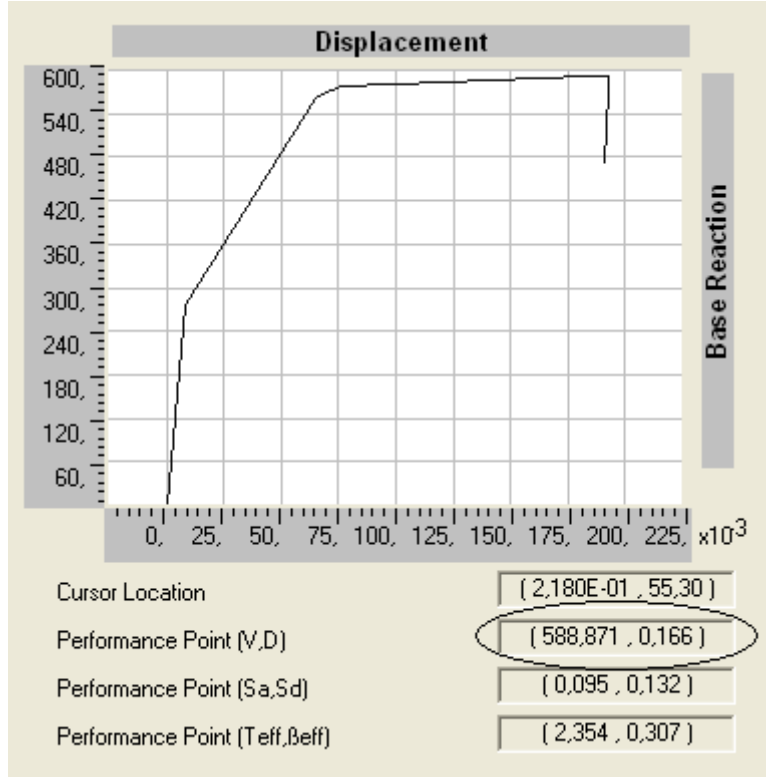
Çizelge 4.12 Örnek 2’ın deprem kuvvetleri altındaki max. ve min yerdeğiştirmeleri

KAT	(Δi)	Dolgu Duvarsız		Tuğla Dolgulu		Gazbeton Dolgulu	
		x yönü (cm)	$(\Delta i)_{ort}$ (cm)	x yönü (cm)	$(\Delta i)_{ort}$ (cm)	x yönü (cm)	$(\Delta i)_{ort}$ (cm)
1. Kat	$(\Delta i)_{min}$	0,38	0,38	0,35	0,36	0,30	0,31
	$(\Delta i)_{max}$	0,38		0,36		0,31	
2. Kat	$(\Delta i)_{min}$	0,73	0,73	0,50	0,53	0,44	0,47
	$(\Delta i)_{max}$	0,73		0,55		0,49	
3. Kat	$(\Delta i)_{min}$	1,10	1,10	0,64	0,74	0,58	0,60
	$(\Delta i)_{max}$	1,10		0,70		0,62	
4. Kat	$(\Delta i)_{min}$	1,50	1,50	0,77	0,80	0,69	0,71
	$(\Delta i)_{max}$	1,50		0,82		0,73	
5. Kat	$(\Delta i)_{min}$	1,72	1,72	0,83	0,86	0,75	0,77
	$(\Delta i)_{max}$	1,72		0,88		0,79	

4.2.2 Nonlinear Analiz

Sistem doğrusal olmayan statik itme analizine tabii tutularak her bir çerçeve sistemi için elde edilen bina performans eğrileri ve her binanın performans noktaları çıkartılarak çizelge ve grafiklere dökülmüştür.

Sistem X ve Y yönlerinde nonlinear analizi yapılarak en olumsuz sonucu veren yükleme sonunda dolgu duvarsız çerçeve sistemine ait binanın performans eğrisi şekil 4.8’de gösterilmektedir. Şekil üzerindeki oval olarak işaretlenen kısım, binanın performans noktasındaki kesme kuvveti ve yerdeğiştirme değerleridir. Kesme kuvveti ve yerdeğiştirmesi değerleri ile kolon ve kirişlere ait plastikleşen kesit sayıları çizelge 4.16’da verilmiştir.



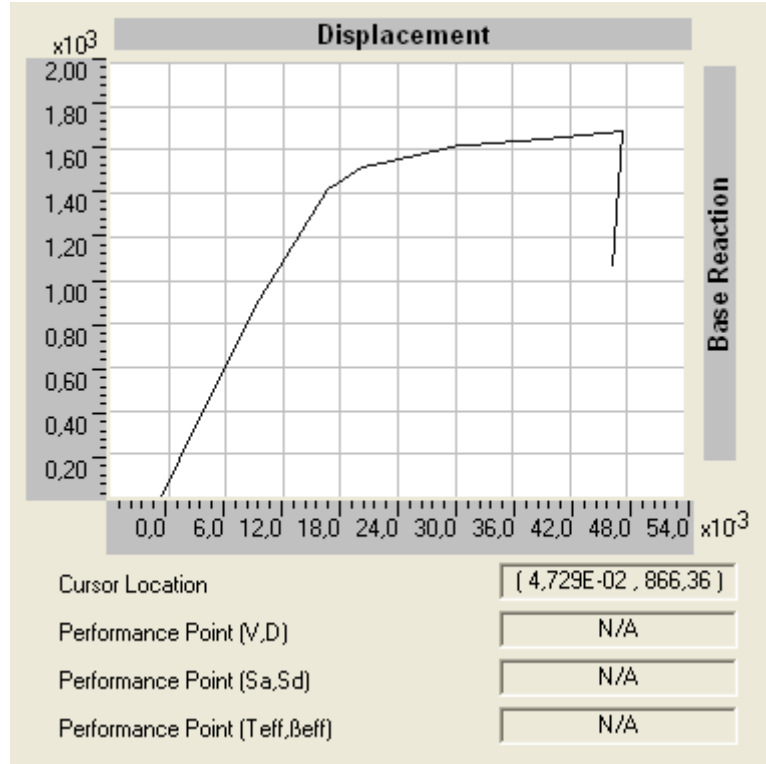
Şekil 4.8 Örnek 2'ye ait dolgu duvarsız çerçeve sisteminin performans eğrisi

Dolgu duvarsız çerçeve nonlinear analiz altında çözüldüğünde her kata ait X yönündeki maksimum yerdeğiştirmeler ve görel kat yerdeğiştirmeleri çizelge 4.13'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde $(\delta_{max})/hi \leq 0,02$ tanımlanan koşulun her katta sağlandığından binanın tüm katlarının rijitliği yeterli durumdadır.

Çizelge 4.13 Örnek 2'ye ait dolgu duvarsız çerçevenin görelî yerdeğıştirmesi

KATLAR	Dolgu Duvarsız Çerçeve Yerdeğıştirmeleri			
	Kat Yüksekliği h_i (cm)	Kat Yerdeğıştirme d_i (cm)	Görelî Yerdeğıştirme Δ_i (cm)	$\frac{\delta \max}{h_i} \leq 0,02$
5	280	19,09	1,49	0,005
4	280	17,78	3,47	0,012
3	280	14,31	4,96	0,017
2	280	9,35	5,14	0,018
1	280	4,21	4,21	0,015

Tuğla dolgu duvarlı çerçeve sistemine ait binanın performans eğrisi şekil 4.9'da gösterilmektedir. Binanın performans noktasındaki kesme kuvveti ve yerdeğıştirme değerlerini bu sistemde yakalanamamıştır. Programın analiz sonrası tablo yardımıyla kesme kuvveti ve yer değiştirme yaklaşık değerleri ile kolon ve kirişlere ait plastikleşen kesit sayıları çizelge 4.16'da verilmiştir.



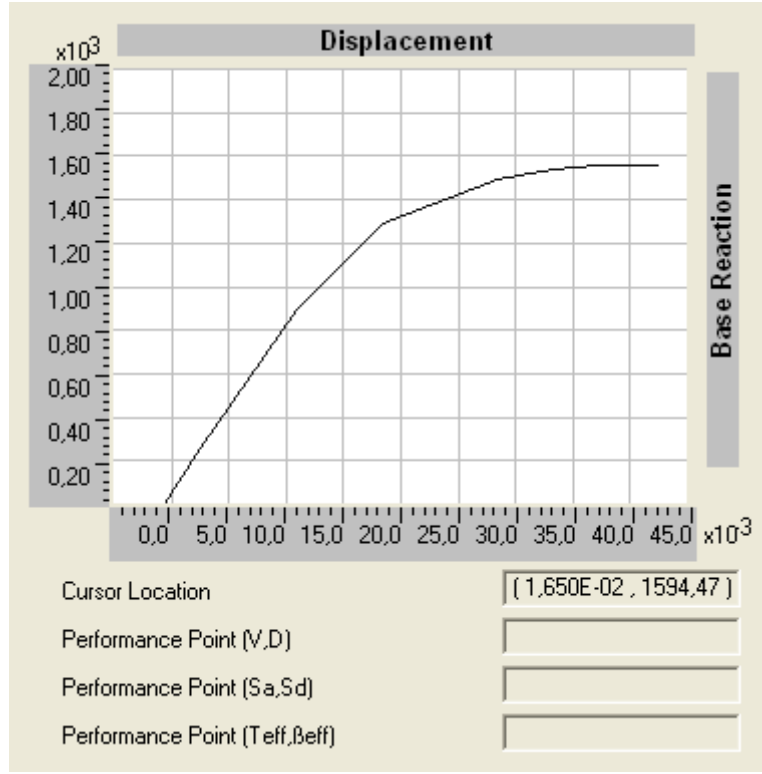
Şekil 4.9 Örnek 2'ye ait tuğla dolgu duvarlı çerçeve sisteminin performans eğrisi

Tuğla dolgulu çerçeve nonlinear analiz altında çözüldüğünde her kata ait maksimum yerdeğıştirmeler ve görelî kat yerdeğıştirmeleri çizelge 4.14’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde $(\delta_{\max})/h_i \leq 0,02$ tanımlanan koşulun tüm katlarda sağlandığı ve dolgu duvarsız çerçeveye göre sistemin daha rijit olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.14 Örnek 2’ye ait tuğla dolgulu çerçevenin görelî yerdeğıştirmesi

KATLAR	Tuğla Dolgu Duvarlı Çerçeve Yerdeğıştirmeleri			
	Kat Yüksekliğı h_i (cm)	Kat Yerdeğıştirme d_i (cm)	Görelî Yerdeğıştirme Δ_i (cm)	$\frac{\delta \max}{h_i} \leq 0,02$
5	280	4,99	0,10	0,0004
4	280	4,89	0,23	0,0008
3	280	4,66	0,26	0,0009
2	280	4,40	0,48	0,0017
1	280	3,92	3,92	0,0140

Gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sistemine ait binanın performans eğrisi şekil 4.10’da gösterilmektedir. Binanın performans noktasındaki kesme kuvveti ve yerdeğıştirme değerlerini bu sistemde yakalanamamıştır. Programın analiz sonrası tablo yardımıyla kesme kuvveti ve yer değıştirme yaklaşık değerleri ile kolon ve kirişlere ait plastikleşen kesit sayıları çizelge 4.16’da verilmiştir.



Şekil 4.10 Örnek 2'e ait gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sisteminin performans eğrisi

Gazbeton dolgulu çerçeve nonlineer analiz altında çözüldüğünde her kata ait maksimum yerdeğiştirmeler ve görel kat yerdeğiştirmeleri çizelge 4.15'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde $(\delta_{max})/hi \leq 0,02$ tanımlanan koşulun tüm katlarda sağlandığı ve dolgu duvarsız çerçeveye göre sistemin daha rijit olduğu görülmektedir

Çizelge 4.15 Örnek 2'ye ait gazbeton dolgulu çerçevenin görelî yerdeğıştirmesi

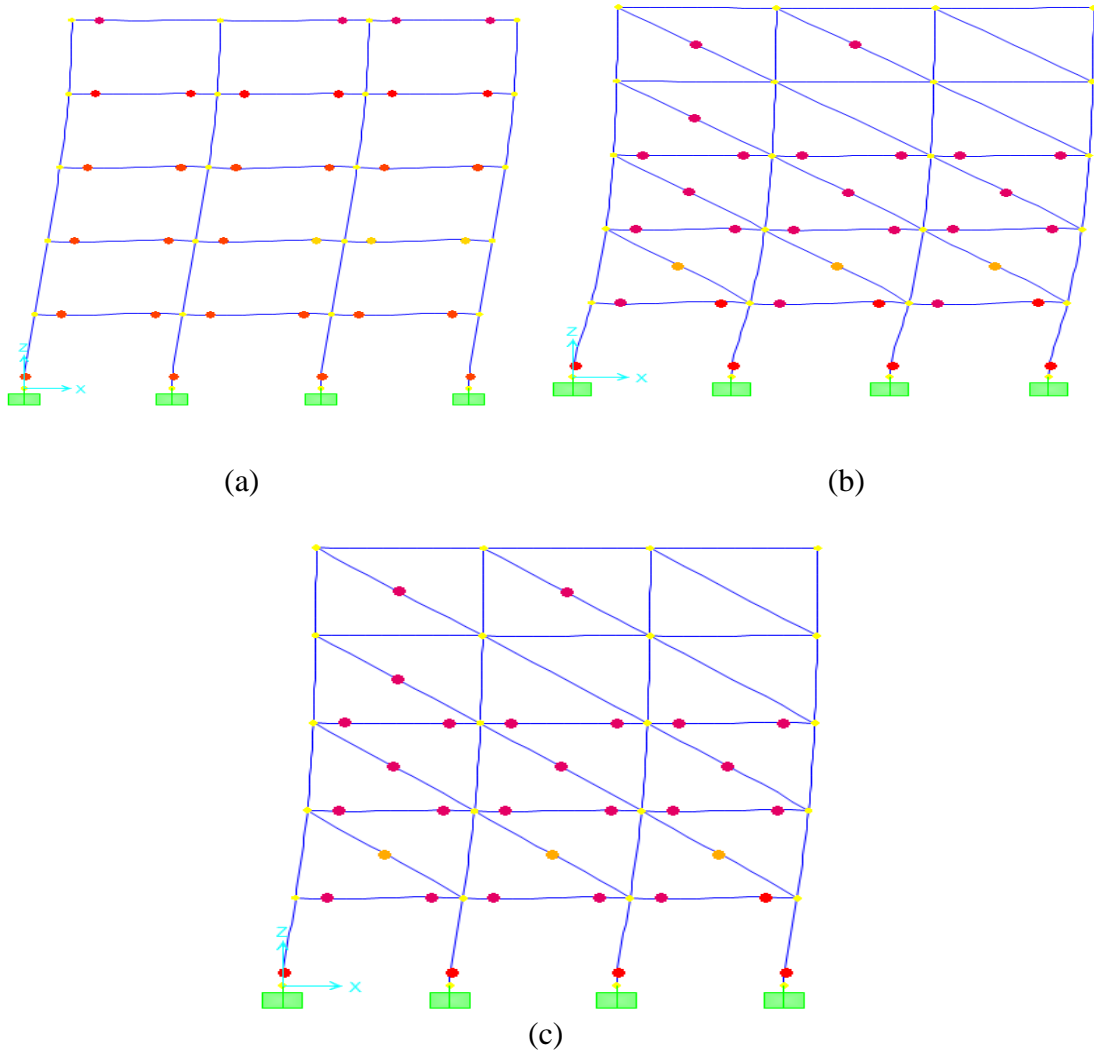
KATLAR	Gazbeton Dolgu Duvarlı Çerçeve Yerdeğıştirmeleri			
	Kat Yüksekliği h_i (cm)	Kat Yerdeğıştirme d_i (cm)	Görelî Yerdeğıştirme Δ_i (cm)	$\frac{\delta_{max}}{h_i} \leq 0,02$
5	280	4,34	0,16	0,0005
4	280	4,18	0,30	0,0010
3	280	3,88	0,45	0,0016
2	280	3,43	0,91	0,0032
1	280	2,52	2,52	0,0090

Örnek 2 için modellenip nonlineer analizde çözülen üç farklı çerçeve sistemine ait performans noktası çizelge 4.16'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde dolgu duvarların kullanılmasıyla binanın performans noktalarının oldukça arttığı ve yer değıştirmelerin azaldığı görölmektedir. İki farklı dolgu duvar malzemesi kıyaslandığında; gazbeton dolgu duvarın performans noktasının tuğla dolgulu çerçeveye göre daha rijit olduğu anlaşılmaktadır. Dolgu duvarsız çerçeve sisteminde kirişlerde plastikleşme sayılarının göçme bölgesinde oldukça yoğun olduğu, dolgu duvarlı çerçevelerin ise plastikleşmelerin hemen kullanım seviyesinde olduğu görölmektedir.

Çizelge 4.16 Örnek 2'ye ait çerçeve sistemlerinin performans noktaları ve kolon ve kirişlere ait plastikleşme sayıları

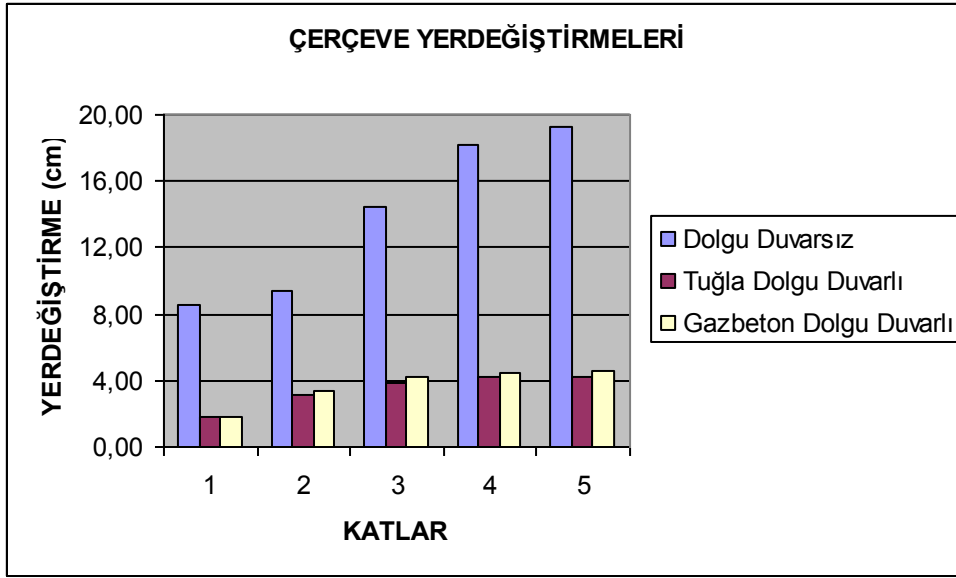
ÇERÇEVE TİPİ	PERFORMANS NOKTASI		PLASTİKLEŞME SAYILARI							
			KOLON				KİRİŞ			
	Vt (KN)	d (cm)	<IO	IO-LS	LS-CP	>CP	<IO	IO-LS	LS-CP	>CP
BOŞ	588,871	16,59	64	0	16	0	59	12	33	16
TUĞLALI	1175,98	1,49	72	8	0	0	107	13	0	0
GAZBETONLU	1294,31	1,85	67	13	0	0	112	8	0	0

Sistemin nonlinear analizi sonucunda B-B aksındaki ilk plastik mafsalların oluşun yerlerini dolgu duvarlı çerçeve sistemi için Şekil 4.11 (a) tuğla dolgululu çerçeve sistemi için Şekil 4.11 (b) ve gazbeton dolgululu çerçeve sistemi için Şekil 4.11 (c)'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde plastikleşmenin kolon ve kirişler açısından bakıldığında kolonlarda oluşan plastik mafsalların dolgu duvarlı çerçeveslere nazaran daha fazla olduğu gürmektedir. Ancak farklı iki dolgu duvarlı çerçeve arasında ise tuğla dolgu duvarlı çerçeveslerde plastik mafsal oluşumunun daha fazla olduğu gürmektedir.



Şekil 4.11 Dolgu duvarlı çerçeve sisteminin (a), tuğla dolgu duvarlı çerçeve sisteminin (b) ve gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sisteminin B-B aksındaki plastik mafsal oluşun yerleri

Nonlinear analiz altında çözülen üç farklı çerçeve sisteminin katlara ait yerdeğıştirmeleri Şekil 4.12’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde dolgu duvarsız çerçeve sisteminin dolgu duvarlı çerçeve sistemlerine göre yerdeğıştirme değerlerinin çok yüksek olduğu görölmektedir. Farklı dolgu duvar kullanımıyla yerdeğıştirmelerin çok fazla değişmediği görölmektedir. Örnek 1’e göre kıyaslandığında bu sistemde zemin katta dolgu duvar kullanılmamasıyla zemin kattaki yerdeğıştirmelerin artmasına neden olmaktadır.



Şekil 4.12 Örnek 2’nin üç farklı çerçeve sisteminin katlara ait yerdeğıştirmeleri

4.3 Örnek 3

Bu sistem modelinin dolgu duvarlı modellenmesinde binanın her katında ve sadece dış akslar boyunca dolgu duvar bulunmaktadır ve bina sistemleri 1975 yönetmeliğine göre modellenerek analizi yapılmıştır.

Binaya ait her bir sistem modeli için kat kütleleri çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında dolgu duvarlı malzemelerde tuğla dolgu duvarlı çerçeve sistemi dolgu duvarsız çerçeve sisteminden kütle bazında 134,640 KNs/m, gazbeton dolgu duvarlı çerçeve dolgu duvarsız çerçeve sisteminden ise kütle bazında 62,622 KNs/m daha ağırdır.

Çizelge 4.17 Örnek 3’e ait çerçeve sistemlerinin kat ve toplam kütleleri

Kat No	Kat Kütleleri (KNs/m)		
	Dolgu Duvarsız	Tuğla Dolgu Duvarlı	Gazbeton Dolgu Duvarlı
5	93,128	93,128	93,128
4	93,128	126,788	108,932
3	96,270	129,930	111,876
2	96,270	129,930	111,876
1	96,270	129,930	111,876
Toplam	475,066	609,706	538,688

4.3.1 Lineer Analiz

Çerçeve sistemleri lineer analiz olarak Eşdeğer Deprem Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemine göre analiz edilmiş tüm çerçeve sisteminde V_t (modal) < 0,9 V_t (eşdeğer) koşulu sağlandığından eşdeğer deprem yükünün 0,9 katı baz alınmıştır. Baz alınan deprem kuvvetleri altında üç ayrı çerçeve sistemi çözülmüş ve binanın 1. doğal titreşim

periyotları, X yönündeki eşdeğer deprem yükleri ile modal analiz sonucu deprem yükleri ve yapının ağırlıkları üç çerçeve sistemi için çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18 Örnek 3’ün 1. moddaki doğal titreşim periyotları, X yönündeki deprem yükleri ve yapı ağırlıkları

Çerçeve Sistemi	1.Doğal Titreşim Periyotları (sn)	Eşdeğer Deprem Yükü Vt (kN)	Modal Deprem Yükü Vt (kN)	Yapının Ağırlığı (kN)
Dolgu Duvarsız	0,7882	475,07	287,26	4660,39
Tuğla Dolgulu	0,5856	602,92	354,93	5988,54
Gazbeton Dolgulu	0,5691	538,44	315,20	5282,04

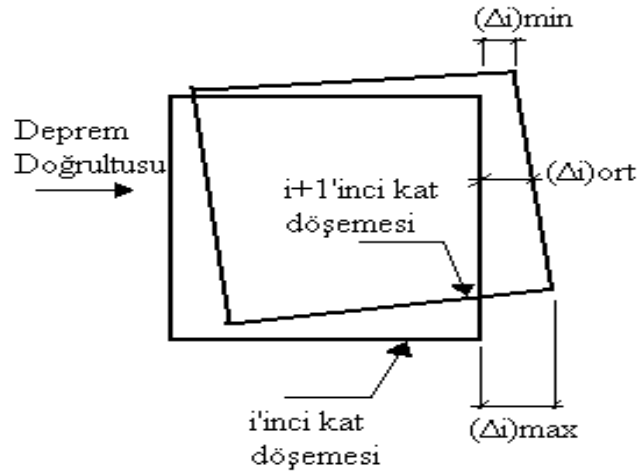
Sistemlerin her iki yöndeki açıklıkları farklı olduğundan X ve Y yöndeki deprem kuvvetleri de farklı olmaktadır. Her iki yöndeki deprem kuvvetleri çizelge 4.19’da görülmektedir. Bu kuvvetlerin farklı olmasından dolayı sistemler en olumsuz durum olan sadece X yönünde incelenecektir. Çizelge 4.19’a bakıldığında en büyük deprem yükü, ağırlığı en fazla olan tuğla dolgulu çerçevededir.

Çizelge 4.19 Örnek 3’e ait deprem kuvvetleri

Kat No	Deprem Kuvvetleri (KN)					
	Dolgu Duvarsız		Tuğla Dolgu Duvarlı		Gazbeton Dolgu Duvarlı	
	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
5	124,66	123,46	125,51	123,19	128,04	124,94
4	99,00	95,72	135,91	129,40	117,72	111,87
3	75,52	72,84	106,85	100,15	88,70	83,98
2	54,34	52,40	76,12	71,24	64,25	60,66
1	26,53	25,42	37,95	35,25	32,04	29,88
Toplam	380,05	369,84	482,34	459,23	430,75	411,34

Uygulanan deprem kuvvetleri altında katlara ait X yönündeki maksimum, minimum yerdeğiştirmeler tüm çerçeve sistemi için çizelge 4.20’de verilmiştir. Ortalama yerdeğiştirmeler 4.3 deki ifadeyle bulunmaktadır.

$$(\Delta_i)_{ort} = \frac{(\Delta_i)_{min} + (\Delta_i)_{max}}{2} \quad (4.3)$$



Şekil 4.13 X yönünde oluşan yerdeğiştirmeler

Çizelge incelendiğinde dolgusuz çerçevelerin dolgu duvarlı çerçevelere nazaran çok daha fazla yer değiştirdiği görölmektedir. Ayrıca gazbeton dolgu duvarlı çerçevelerin tuğla dolgu duvarlı çerçevelere nazaran her iki yönde daha az yer değiştirme gösterdiği görölmektedir.

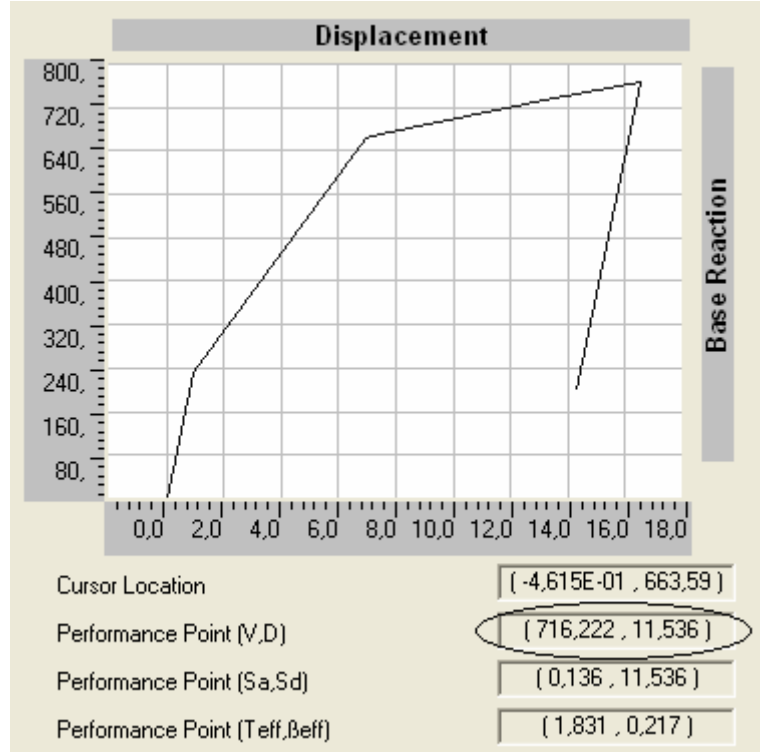
Çizelge 4.20 Örnek 3'ün deprem kuvvetleri altındaki max. ve min yerdeğiştirmeleri

KAT	(Δi)	Dolgu Duvarsız		Tuğla Dolgulu		Gazbeton Dolgulu	
		x yönü (cm)	$(\Delta i)_{ort}$ (cm)	x yönü (cm)	$(\Delta i)_{ort}$ (cm)	x yönü (cm)	$(\Delta i)_{ort}$ (cm)
1. Kat	$(\Delta i)_{min}$	0,25	0,28	0,11	0,13	0,10	0,12
	$(\Delta i)_{max}$	0,30		0,15		0,14	
2. Kat	$(\Delta i)_{min}$	0,57	0,64	0,24	0,29	0,22	0,27
	$(\Delta i)_{max}$	0,71		0,34		0,31	
3. Kat	$(\Delta i)_{min}$	0,86	0,97	0,36	0,43	0,33	0,39
	$(\Delta i)_{max}$	1,07		0,49		0,45	
4. Kat	$(\Delta i)_{min}$	1,17	1,31	0,45	0,54	0,42	0,50
	$(\Delta i)_{max}$	1,45		0,63		0,58	
5. Kat	$(\Delta i)_{min}$	1,35	1,51	0,50	0,60	0,47	0,57
	$(\Delta i)_{max}$	1,67		0,70		0,66	

4.3.2 Nonlinear Analiz

Sistem doğrusal olmayan statik itme analizine tabii tutularak her bir çerçeve sistemi için elde edilen bina performans eğrileri ve her binanın performans noktaları çıkartılarak çizelge ve grafiklere dökülmüştür.

Sistem X ve Y yönlerinde nonlinear analizi yapılarak en olumsuz sonucu veren yükleme sonunda dolgu duvarsız çerçeve sistemine ait binanın performans eğrisi şekil 4.14'de gösterilmektedir. Şekil üzerindeki oval olarak işaretlenen kısım, binanın performans noktasındaki kesme kuvveti ve yerdeğiştirme değerleridir. Kesme kuvveti ve yer değiştirmesi değerleri ile kolon ve kirişlere ait plastikleşen kesit sayıları çizelge 4.24'de verilmiştir.



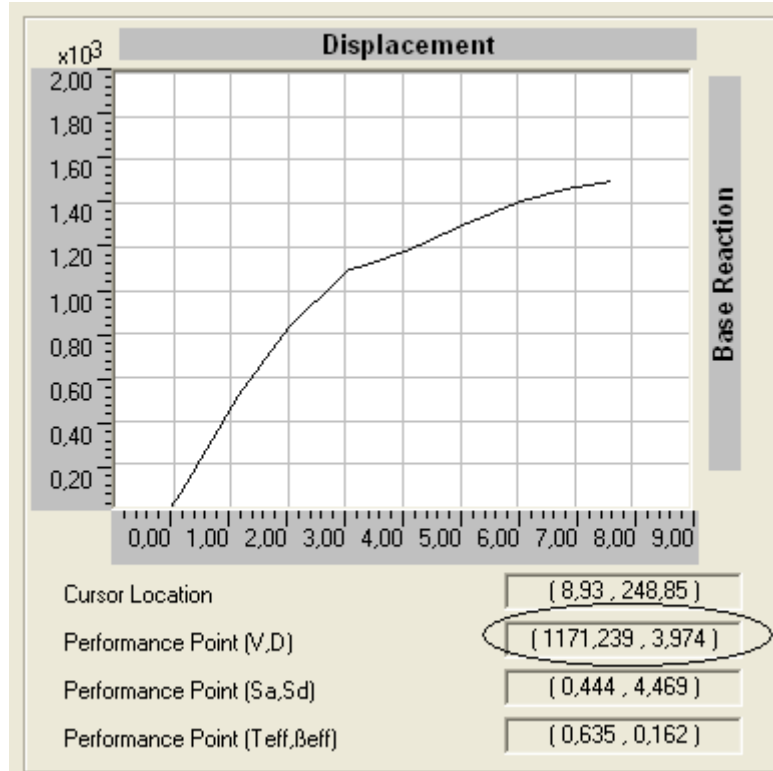
Şekil 4.14 Örnek 3'e ait dolgu duvarsız çerçeve sisteminin performans eğrisi

Dolgu duvarsız çerçeve nonlineer analiz altında çözüldüğünde her kata ait X yönündeki maksimum yerdeğiştirmeler ve görel kat yerdeğiştirmeleri çizelge 4.21'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde $(\delta_{max})/hi \leq 0,02$ tanımlanan koşulun tüm sağlandığından binanın tüm katlarının rijitliği yeterli olduğu durum söz konusudur.

Çizelge 4.21 Örnek 3'e ait dolgu duvarsız çerçevenin görelî yerdeğıştirmesi

KATLAR	Dolgu Duvarsız Çerçeve Yerdeğıştirmeleri			
	Kat Yüksekliği h_i (cm)	Kat Yerdeğıştirme d_i (cm)	Görelî Yerdeğıştirme Δ_i (cm)	$\frac{\delta \max}{h_i} \leq 0,02$
5	280	14,28	0,71	0,0025
4	280	13,57	2,19	0,0078
3	280	11,38	3,50	0,0125
2	280	7,88	4,00	0,0142
1	280	3,88	3,88	0,0138

Tuğla dolgu duvarlı çerçeve sistemine ait binanın performans eğrisi Şekil 4.15'de gösterilmektedir. Şekil üzerindeki oval olarak işaretlenen kısım, binanın performans noktasındaki kesme kuvveti ve yerdeğıştirme değerleridir. Kesme kuvveti ve yer değıştirmesi değerleri ile kolon ve kirişlere ait plastikleşen kesit sayıları çizelge 4.20'de verilmiştir.



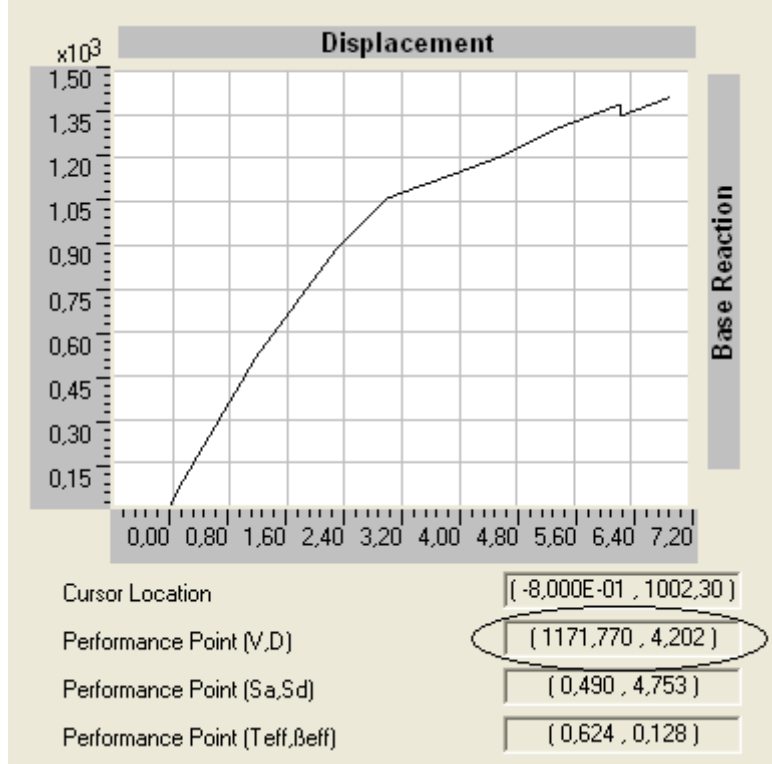
Şekil 4.15 Örnek 3'e ait tuğla dolgu duvarlı çerçeve sisteminin performans eğrisi

Tuğla dolgulu çerçeve nonlinear analiz altında çözüldüğünde her kata ait maksimum yerdeğıştirmeler ve görelî kat yerdeğıştirmeleri çizelge 4.22’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde $(\delta_{max})/hi \leq 0,02$ tanımlanan koşulun tüm katlarda sağlandığı görölmektedir.

Çizelge 4.22 Örnek 3’e ait tuğla dolgulu çerçevenin görelî yerdeğıştirmesi

KATLAR	Tuğla Dolgu Duvarlı Çerçeve Yerdeğıştirmeleri			
	Kat Yüksekliğı h_i (cm)	Kat Yerdeğıştirme d_i (cm)	Görelî Yerdeğıştirme Δ_i (cm)	$\frac{\delta_{max}}{h_i} \leq 0,02$
5	280	12,66	0,83	0,0030
4	280	11,83	2,29	0,0081
3	280	9,54	2,58	0,0092
2	280	6,96	3,23	0,0115
1	280	3,73	3,73	0,0133

Gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sistemine ait binanın performans eğrisi şekil 4.16’da gösterilmektedir. Şekil üzerindeki oval olarak işaretlenen kısım, binanın performans noktasındaki kesme kuvveti ve yerdeğıştirme değerleridir. Kesme kuvveti ve yer değıştirmesi değerleri ile kolon ve kirişlere ait plastikleşen kesit sayıları çizelge 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.16 Örnek 3'e ait gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sisteminin performans eğrisi

Gazbeton dolgulu çerçeve nonlineer analiz altında çözüldüğünde her kata ait maksimum yerdeğıştirmeler ve görelî kat yerdeğıştirmeleri çizelge 4.23'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde $(\delta_{\max})/hi \leq 0,02$ tanımlanan koşulun tüm katlarda sağlandığı ve dolgu duvarsız çerçeveye göre sistemin daha rijit olduğu görölmektedir.

Çizelge 4.23 Örnek 3'e ait gazbeton dolgulu çerçevenin görelî yerdeğıştirmesi

KATLAR	Gazbeton Dolgu Duvarlı Çerçeve Yerdeğıştirmeleri			
	Kat Yüksekliği h_i (cm)	Kat Yerdeğıştirme d_i (cm)	Görelî Yerdeğıştirme Δ_i (cm)	$\frac{\delta \max}{h_i} \leq 0,02$
5	280	11,54	0,83	0,0030
4	280	10,71	2,23	0,0079
3	280	8,48	2,42	0,0086
2	280	6,06	2,98	0,0106
1	280	3,08	3,08	0,0110

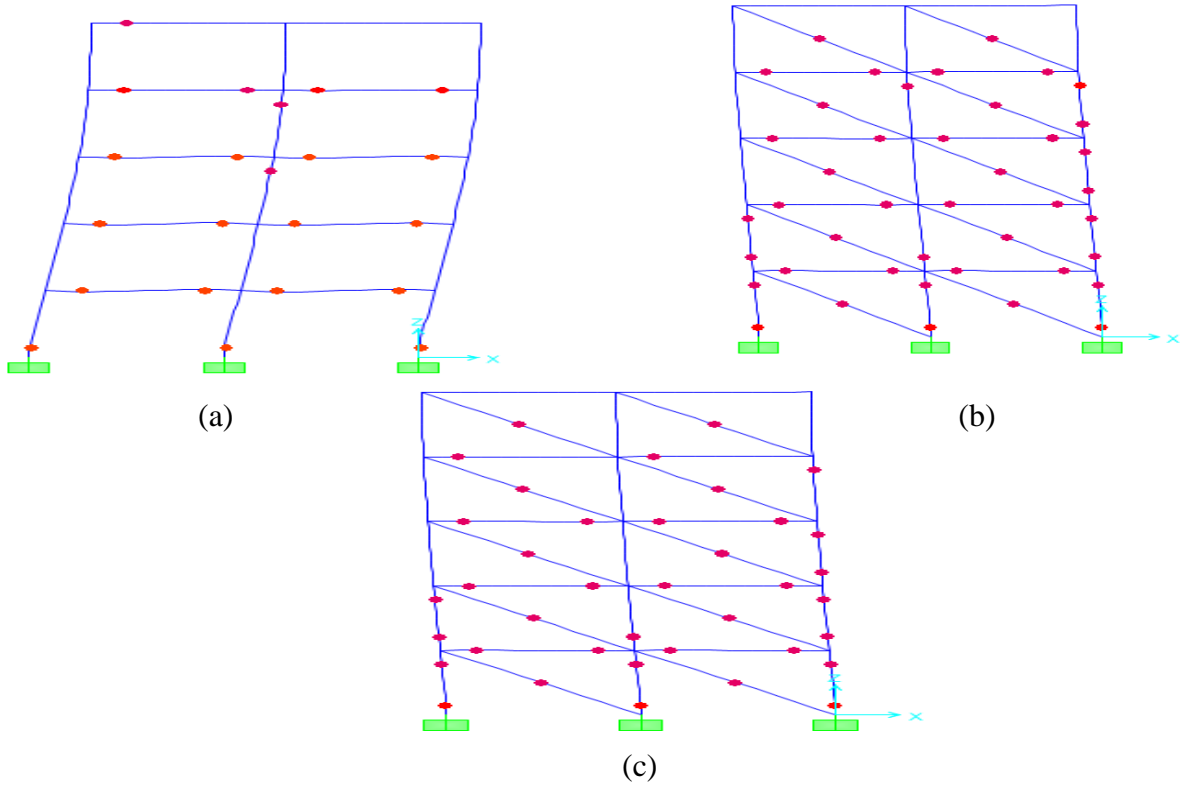
Örnek 3 için modellenip nonlineer analizde çözülen üç farklı çerçeve sistemine ait performans noktası çizelge 4.24'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde dolgu duvarların kullanılmasıyla binanın performans noktalarının oldukça arttığı ve yer değıştirmelerin azaldığı görülmektedir. İki farklı dolgu duvar malzemesi kıyaslandığında; gazbeton dolgu duvarın performans noktasının tuğla dolgulu çerçeveye göre daha rijit olduğu anlaşılmaktadır.

Dolgu duvarsız çerçeve sisteminde kirişlerde plastikleşme sayılarının göçme bölgesinde oldukça yoğun olduğu, dolgu duvarlı çerçevelerin ise plastikleşmelerin hemen kullanım seviyesinde olduğu görülmektedir. Tuğla dolgulu çerçeve ile gazbeton dolgulu çerçeve arasındaki plastikleşme sayılarına bakıldığında kolonlarda plastikleşmenin hemen kullanım seviyesinde gazbeton dolgulu çerçevelerde daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.24 Örnek 3'e ait çerçeve sistemlerinin performans noktaları ve kolon ve kirişlere ait plastikleşme sayıları

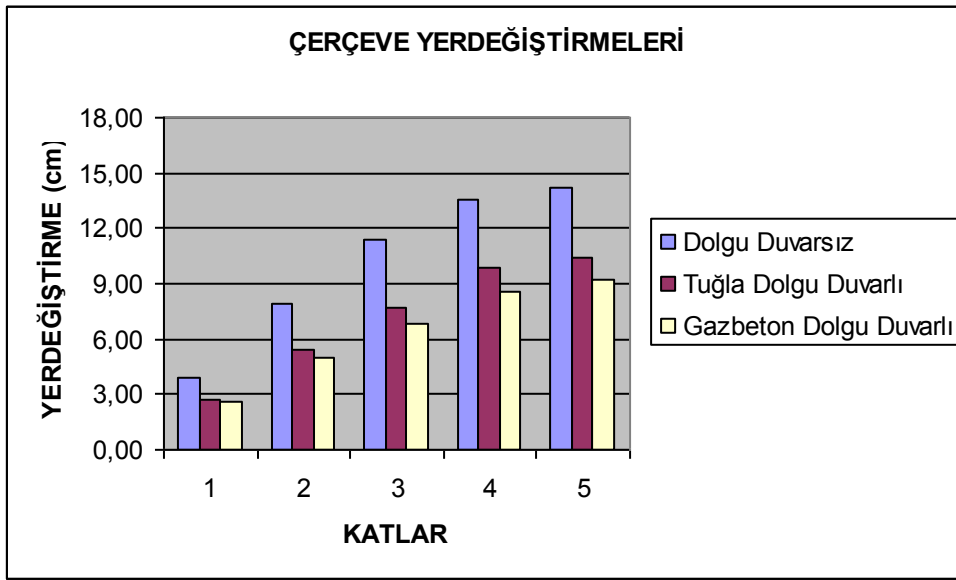
ÇERÇEVE TİPİ	PERFORMANS NOKTASI		PLASTİKLEŞME SAYILARI							
			KOLON				KİRİŞ			
	Vt (KN)	d (cm)	<IO	IO-LS	LS-CP	>CP	<IO	IO-LS	LS-CP	>CP
BOŞ	716,964	11,60	35	7	22	1	63	6	21	0
TUĞLALI	1171,24	4,20	33	29	3	0	90	0	0	0
GAZBETONLU	1171,77	4,20	41	21	3	0	90	0	0	0

Sistemin nonlinear analizi sonucunda A-A aksındaki ilk plastik mafsalların oluşum yerlerini dolgu duvarsız çerçeve sistemi için Şekil 4.17 (a) tuğla dolgulu çerçeve sistemi için Şekil 4.17 (b) ve gazbeton dolgulu çerçeve sistemi için Şekil 4.17 (c)'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde plastikleşmenin kolon ve kirişler açısından bakıldığında kolonlarda oluşan plastik mafsalların dolgu duvarlı çerçevelere nazaran daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.17 Dolgu duvarsız çerçeve sisteminin (a), tuğla dolgu duvarlı çerçeve sisteminin (b) ve gazbeton dolgu duvarlı çerçeve sisteminin A-A aksındaki plastik mafsall oluşum yerleri

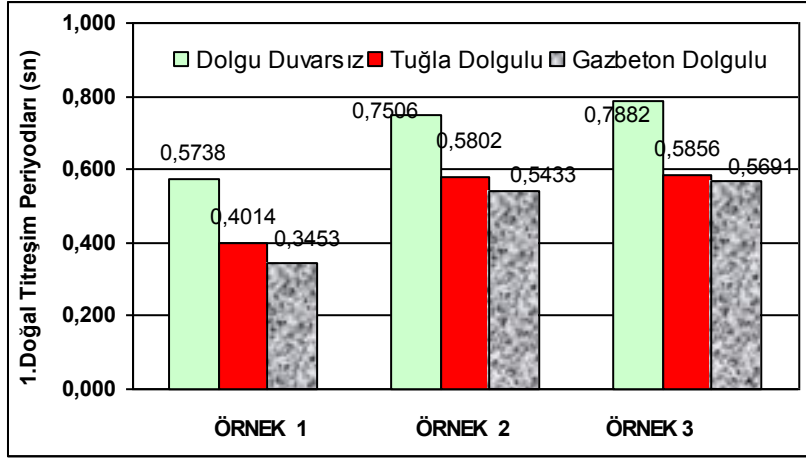
Nonlinear analiz altında çözülen üç farklı çerçeve sisteminin katlara ait yerdeğıştirmeleri Şekil 4.18’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde dolgu duvarsız çerçeve sisteminin dolgu duvarlı çerçeve sistemlerine göre yerdeğıştirme değerlerinin yüksek olduğu görölmektedir. Farklı dolgu duvar kullanımıyla yerdeğıştirmelerin çok fazla değişmediği görölmektedir. Örnek 1’e göre kıyaslandığında bu sistemde iç taraflarda dolgu duvar kullanılmamasıyla yerdeğıştirmelerin artmasına neden olmaktadır. Grafikten de anlaşılacağı gibi dolgu duvarların azalmasıyla kat yerdeğıştirmelerin arttığı görölmektedir.



Şekil 4.18 Örnek 3’ün üç farklı çerçeve sisteminin katlara ait yerdeğıştirmeleri

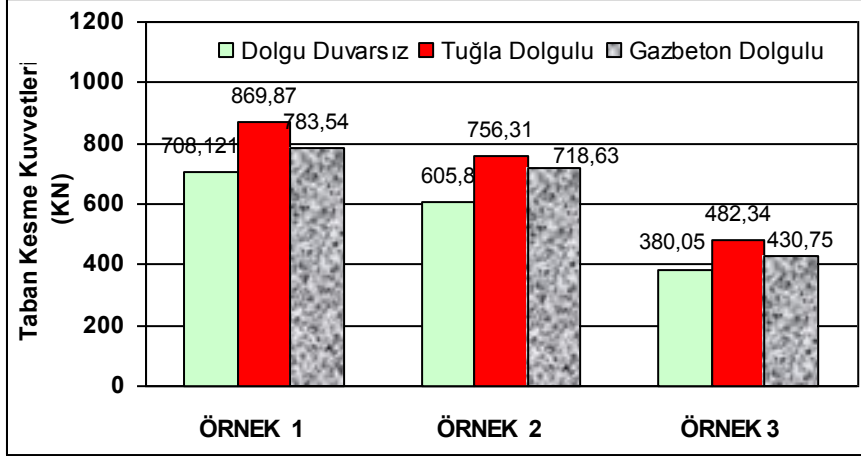
4.4 Genel Bulgular

Tüm örneklerin doğal titreşim periyotları incelendiğinde Şekil 4.19 elde edilmiştir. Şekil incelendiğinde dolgu duvarların kullanılmasıyla doğal titreşim periyodunun azaldığı görölmektedir.



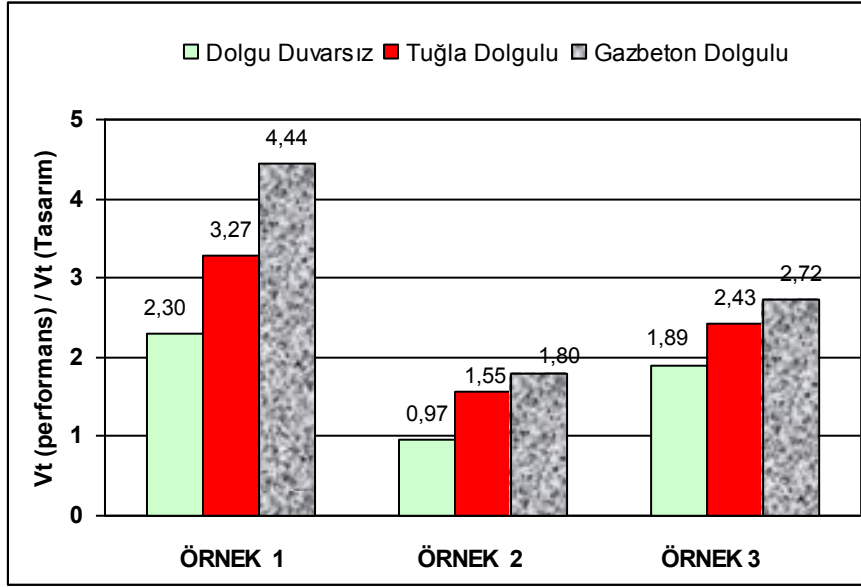
Şekil 4.19 Çerçeve sistemlerin doğal titreşim periyotları

Ayrıca tüm örneklerin taban kesme kuvvetleri şekil 4.18’de çıkarılmıştır. Dolgu duvarların kullanılmasıyla şekil 4.20’de görüldüğü gibi yapının taban kesme kuvvetinin dolgusuz çerçeveye göre arttığı görülmüştür.



Şekil 4.20 Çerçeve sistemlerin taban kesme kuvvetleri

Nonlineer analiz sonucu yapıların performans noktasının tasarım deprem yükünün taban kesme kuvvetlerine oranı şekil 4.21’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde dolgu duvar kullanılmasıyla bu oranların arttığı görülmüştür.



Şekil 4.21 Çerçeve sistemlerin $V_t(\text{performans}) / V_t(\text{tasarım})$ oranları

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, dolgu duvarların yatay yükler altındaki etkisinin incelenmesi amaçlanmış ve seçilen üç farklı tip çerçeve sistemi 3 ayrı örnek altında lineer ve nonlinear analiz çözümleri yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Dolgu duvarların modellenmesinde kullanılan sanal çapraz çubukların genişlikleri üzerine çeşitli araştırmalar yapılmış ve farklı kabullerden yararlanılmıştır. Ancak modellemede en önemli özelliğin dolgu duvarın elastisite modülü olmuştur.

Üç farklı çerçeve sistemi lineer analizle çözülmüş ve bunu sonucunda yapının 1.doğal titreşim periyotları, taban kesme kuvvetleri X yönündeki maksimum ve minimum yerdeğiştirmeleri incelenmiştir.

Lineer analiz sonuçlarında dolgu duvarların kullanılmasıyla tüm örneklerde doğal titreşim periyodunun azaldığı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca dolgu duvarların kullanılmasıyla yapının taban kesme kuvvetinin dolgusuz çerçeveye göre arttığı görülmüştür.

Yerdeğiştirmelerde ise çatı katı baz alındığında örnek 1 de dolgusuz çerçevenin tuğla dolgulu çerçeveden yaklaşık 2 kat gaz beton dolgulu çerçeveden yaklaşık 2,5 kat daha fazla yerdeğiştirdiği görülmektedir. Örnek 2 ve 3'te ise yerdeğiştirme değerleri bunu doğrulamaktadır. Bu da dolgu duvarın değişmesiyle yerdeğiştirmelerinde değiştiğini göstermektedir. Dolgu duvar çeşitlerinin değişmesi yapıya etki eden ağırlığın değişmesine, dolayısıyla yapının hakim periyodunu, taban kesme kuvvetini ve yatay yerdeğiştirmesini etkilediği sonucuna varılmıştır.

Üç farklı çerçeve sistemi 3 ayrı örnek altında nonlinear analiz ile çözülmüş ve bunun sonucunda ise dolgu duvarların yapıların performans düzeyleri, kolon ve kirişlerin güçlü olma koşulları, yapıdaki plastikleşen kesit sayıları incelenmiştir.

Örnek 1 de tuğla dolgu duvarların kullanılmasıyla yapının performansının dolgusuz çerçeveye göre yaklaşık 1,75 kat arttığı ve bununla beraber tepe yerdeğiştirmelerin yaklaşık 5 kat azaldığı sonucuna varılmıştır. Gazbeton dolgu duvar kullanılmasıyla yapının performansının yaklaşık 2,13 arttığı kat ve tepe yerdeğiştirmelerin 4 kat azaldığı sonucuna varılmıştır.

Örnek 2 de tuğla dolgu duvarların kullanılmasıyla yapının performansının dolgusuz çerçeveye göre yaklaşık 2 kat arttığı ve bununla beraber tepe yerdeğiştirmelerin yaklaşık 11 kat azaldığı sonucuna varılmıştır. Gazbeton dolgu duvar kullanılmasıyla yapının performansının yaklaşık 2,2 kat arttığı ve tepe yerdeğiştirmelerin yaklaşık 9 kat azaldığı sonucuna varılmıştır.

Örnek 3 te dolgu duvarların kullanılmasıyla yapının performansının dolgusuz çerçeveye göre yaklaşık 1,6 kat arttığı ve bununla beraber tepe yerdeğiştirmelerin yaklaşık 2,7 kat azaldığı sonucuna varılmıştır.

Nonlineer analiz sonucunda tepe yerdeğiştirmeleri; örnek 1 de dolgusuz çerçeve tuğla dolgulu çerçeveye göre 5 kat daha fazla, gazbeton dolgulu çerçeveye göre de 5,1 kat daha fazla yerdeğiştirmektedir.

Örnek 2 de dolgusuz çerçeve tuğla dolgulu çerçeveye göre 3,8 kat daha fazla, gazbeton dolgulu çerçeveye göre de 4,4 kat daha fazla yerdeğiştirmektedir.

Örnek 3 te dolgusuz çerçeve tuğla dolgulu çerçeveye göre 1,1 kat daha fazla, gazbeton dolgulu çerçeveye göre de 1,2 kat daha fazla yerdeğiştirmektedir.

Nonlineer analiz sonucu yapıların performans noktasının tasarım deprem yükünün taban kesme kuvvetlerine oranı incelendiğinde, tuğla dolgu duvar kullanılmasıyla oran 1,5 kat, gazbeton kullanılmasıyla 1,8 kat arttığı görülmüştür. Dolgu duvarın kullanılmasıyla bu oran arttığı görülmekte ve bu da DBYBHY'ne göre çok katlı süneklik düzeyi normal çerçeve davranışına (R=4) uygun olmaktadır.

Nonlineer analiz sonucunda örnekler arası inceleme yapıldığında performans seviyesinin örneklere göre sırasıyla azaldığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin dolgu duvarlı çerçeve sayısının azalması olmuştur.

Analiz sonuçlarında çerçeveler arasında tüm örneklerde doğal titreşim periyodu, taban kesme kuvveti, çatı yerdeğiştirmesi, çerçevelerin performans noktaları incelendiğinde dolgu duvarların kullanımıyla binanın rijitliğinin arttığı ve en rijit çerçevenin gazbeton çerçeve olduğu sonucuna varılmıştır. Genel olarak dolgu duvar çeşitlerinin yapının performansına etkisi elastisite modülüne bağı olarak değişmekte ve daha hafif duvar malzemelerinin kullanılmasıyla yapı performansını arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak; dolgu duvarlar yapının davranışını önemli ölçüde değiştirdiğı, yapı performansına önemli katkıda bulunduğı söylenebilir. Dolgu duvarlı yapıların 1. doğal titreşim periyodunu azalttığından dolayı yapıya etkiyecek deprem yüklerinin hesaplanmasında daha gerçekçi çözümler bulunabilmesi için betonarme binaların çözümünde dolgu duvarların etkisinin sadece ölü yükten ziyade yapı davranışına katkısının da göz önüne alınarak modellenmesinin ve analizinde nonlineer analiz olarak çözülmesinin faydalı olacağı önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1997.
- Bağcı, M., 2003, “Yatay yükler etkisindeki Dolgulu Betonarme Düzlem Çerçevesinin Malzeme Bakımından Nonlineer Analizi”, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Bertero, V.V., and Brokken, S.T., 1981, “Studies on Effects of Infills in Seismic Resistant Reinforced Concrete Construction, UBC/EERC-81/12, Earthquake Engineering Research Center, University of California Berkeley.
- Bozkurt, B.H., 2003, “Depreme Dayanıklı Yığma ve Betonarme Binalarda Tuğla ve Gazbeton Bloklar Kullanılmasının Karşılaştırılması”, 5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 26-30 Mayıs, AT103, 1-8.
- Budak, A., 1997, “Dolgu Duvarlı Çerçevesinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Hesabı”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Celep, Z., Gençoğlu, M., 2003, “Deprem Etkisindeki Betonarme Çerçeve Taşıyıcı Sistem Davranışına Bölme Duvarların Etkisi”, 5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 26-30 Mayıs, AT21, 1-9.
- Celep, Z., Kumbasar, N., 1996, “Betonarme Yapılar”, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- Çıtıptıoğlu, E., Yılmaz, Ç., Akkaş, N., ve Değer, M., 1997, “Taşıyıcı Olmayan Bölme Duvarların Deprem Davranışına Katkıları ve Sonuçların Deprem Yönetmeliğine Uyarlanması”, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Nisan, Proje No: ITAG/TOKI-531, Ankara.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007.

Govindan, P., Lakshmiathy, M., Santhakumar, A.R., 1986, "Ductility of Infilled Frames", ACI Journal, July- August 1986, 567-576.

Güney, D., Boduroğlu, H.M., 2006, "Deprem Etkisi Altındaki Simetrik ve Asimetrik Yapıların, Lineer Olmayan Tepkilerine Dolgu Duvarların Katkısı", İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Dergisi, Haziran, Cilt 5, Sayfa 165-174.

Holmes, M., 1963, "Combined Loading on Infilled Frames", Proc. J. C. E., May, vol 25, pp 31-28.

İrtem E., Türker K., Hasgül U., 2004, "Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarlanmış Betonarme Yapıların Performansının Değerlendirilmesi", 6. Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, Boğaziçi Üniversitesi, Ekim, İstanbul, 1-10.

Jirsa, J. O., and Kreger, M.E., 1989, "Recent Research on Repair and Strengthening of Reinforced Concrete Building Structures" ASCE Structures Congress, Vol. 1.

Kahn, L.F., and Hanson, R.D., 1979, "Infilled Walls for Earthquake Strengthening" Proc. of the ASCE , vol. 105, No. ST2, Feb., pp 283-296.

Karaduman, A., 2004, "Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Yatay Yükler Altındaki Davranışları Üzerine Deneysel Bir Çalışma", Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fak., Mühendislik Bilimleri Dergisi, Mayıs, Cilt 11, Sayfa 345-349.

Karslıoğlu, Ö., 2005, "Çok Katlı Binalarda Bulunan Tuğla Dolgu Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

- Korkmaz, A., Uçar, T., 2006, “Betonarme Binaların Deprem Davranışına Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi” , DEÜ Mühendislik Fak., Fen ve Mühendislik Dergisi, Ocak, İzmir, Cilt 8, Sayfa 101-108.
- Negro, P., and Colombo, A., 1998, “Irregularities Induced by Nonstructural Masonry Panels in Framed Buildings, vol. 19, pp 576–585.
- Negro, P., Verzaletti, G., 1996, “Effect of Infills on the Global Behaviour of R/C Frames: Energy Considerations from Pseudo-Dynamic Tests”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 25, 753-773.
- Özcebe, G., Ersoy, U., ve Canbay, E., 2002, “Betonarme Dolgu Duvarların Yapıların Sismik Davranışı Üzerine Etkileri” TÜBİTAK Araştırma Projesi, Ankara, Proje No: 199I008 (INTAG 563).
- Öktem, O., Pala, S., 2003, “Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçeve Sistemlerin Lineer Olmayan Hesabı, Gaziantep III. Ulusal Mekanik Kongresi, 8-12 Eylül, Gaziantep, 605-614.
- Paulay T., Priestley M.N.J., 1996, “Seismic Desing of Reinforced Concrete and Masonry Building” John Wiley and Sons.
- Riddington, J. R., and Stafford, S. B., 1977, “Analysis of İnfilled Frames Subjected to Racking with Desing Recommendations” The Structural Engineer.
- Saneinejad, A., Hobbs, B., 1995, “Inelastic Desing of İnfilled Frames” J. Struct. Engrg., ASCE, vol. 121, pp 634–650.

Sesigür, H., Büyüktaşkın, A.H., Çılı, F., 2005, “Gazbeton Duvar ve Döşeme Elemanlarıyla İnşa Edilen Az Katlı Konut Binaların Deprem Güvenliği”, 6. Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, Temmuz, İstanbul, 67-74.

Stafford, S. B., 1966, “Behavior of square infilled frames”, J. Struct. Engrg., May, vol 92, pp 183-193.

Stafford, S. B., Carter, C., 1969, “A Method of Analysis Infill Frames”, Proc., Instn. of Civ. Engrs., England, Part 2, Vol. 44, 31-48.

Sivri, M., 2003, “Dolgulu Çerçevelerin Deprem Davranışı”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Türk Standartları Enstitüsü, 1985, TS 4563: Fabrika Tuğlaları, Duvarlar İçin, Yatay Delikli Tuğla, Ekim, Ankara.

Tüzün, C., 1999, “Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçeve Sistemlerin Dinamik Analizi” Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Yalçın, E., 1999, “Dolgu Duvarların ve Konumlarının Çok Katlı Betonarme Yapıların Deprem Kuvvetleri Altındaki Davranışlarına Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

6.1 İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

1-<http://www.kiptas.com.tr/TR/SEHIR/05.asp>

14.06.2007

2-<http://www.serki.com/index>.

14.06.2007

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Recep PEYNİRCİ
Doğum Yeri	Adana
Doğum Tarihi	02.10.1981
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dili	İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise	Karşıyaka Endüstri Meslek Lisesi, 1998
Lisans	Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Tek. Eğt. Fak. Yapı Öğretmenliği, 2004
Yüksek Lisans	Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Yapı Eğitimi A.B.D, 2007

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl aralığı

2001–2002	Mızrak Mimarlık San. ve Tic. Ltd. Şti
2003–2004	Global Mühendislik ve müteahhitlik
2005-.....	Taner İnş. San. Tic. Ltd. Şti

Yayınları (SCI ve diğer)

1. Peynirci R., "4 Kat 8 Daireli Betonarme Bir Binanın STA-4 CAD Bilgisayar Programıyla Statik Çözümünün Yapılması ve Bayındırlık Birim Fiyatı-Dış Piyasa Maliyetinin Çıkarılarak Karşılaştırılması", Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Öğretmenliği Bölümü, Lisans Tezi, Afyonkarahisar 2007.
2. Ergün A., Peynirci R., Betonarme Çerçeve Sistemlerde Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Katkısı", Ulusal Teknik Eğitim, Mühendislik ve Eğitim Bilimleri Genç Araştırmacılar Sempozyumu (UMES 2007), Kocaeli
3. Peynirci R., "ETABS Bilgisayar Programının İnşaat Mühendisliğinde Uygulanması", Yüksek Lisans Semineri, Erdal Akar Konferans Salonu, Afyonkarahisar 2005.