

ÖNSÖZ

Ülkemizin deprem kuşağı üzerinde olduğu düşünöldüğünde, depreme karşı dayanıklı ve ekonomik modeller üzerinde yapılan çalışmalar hızlanmıştır. Depreme karşı dolgu duvarların öneminin bir kez daha anlaşılmasına yardımcı olması için, deprem etkisinde betonarme yapılarda hasarın oluşmasında dolgu duvarların modellenmesi ve taşıyıcı sisteme katkısını ortaya koyan bu çalışma hazırlanmıştır.

Çalışmalarında katkılarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof.Dr.Zeki HASGÜR'e, arkadaşlarım Ahmet ASLAN ve Ali Erdal ÇIPLAK'a ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Seda DÖNMEZ

Aralık 2005

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Dolgu Duvarlı Çerçeve Davranışları Üzerine Bazı Çalışmalar	2
1.2. Çalışmanın Amacı	3
2. DEPREM ETKİSİNDE DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELER	4
2.1. Dolgu Duvar Özellikleri	4
2.1.1. Dolgu Duvarların Basınç Dayanımı	4
2.1.2. Derz Kalınlığının Etkisi	5
2.1.3. Tuğla ve Harç Dayanımının Etkisi	6
2.1.4. Tuğla Dolgu Duvar Elastisite Modülü	8
2.1.5. Tuğla Dolgu Duvarın Çekme-Kesme Dayanımı	10
2.2. Dolgu Duvarların Deprem Kuvveti Altında Davranışı ve Göçme Biçimi	11
2.3. Dolgu Duvarların Yapılar Üzerindeki Etkileri	13
2.3.1. Yük Taşıma Kapasitesi	13
2.3.2. Rijitlik	14
2.3.3. Enerji Yutma Özelliği	16
2.3.4. Dolgu Duvarların Yapı Davranışı Üzerine Olası Olumsuz Etkileri	17
2.4. Dolgu Duvar Modelleri	18
2.4.1. Eşdeğer Sanal Çubuk Modeli	18
2.4.2. Dolgu Duvarların Analitik Modele Yansıtılması	20
3. ÖRNEK BETONARME BİNA	26
3.1. Bina Tanıtımı	26
3.2. Kullanılan İvme Kaydı	30

4. ANALİZLER	31
4.1 Giriş	31
4.2 Analizi Yapılan Sistemler ve Çözümleme Sonuçları	32
4.2.1 Dolgu Duvarsız Çerçeve Sistem	32
4.2.2 Perde-Çerçeve Sistem	35
4.2.3 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem	38
4.2.4 Zemin Kat Dolgu Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem	43
4.2.5 Boşluklu ve Boşluksuz Dolgu Duvarlı Çerçeveler	47
5. ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	49
5.1 Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	49
5.2 Rijitliklerin Karşılaştırılması	51
5.3 Periyotların Karşılaştırılması	53
5.4 Maksimum Yerdeğiştirmelerin Karşılaştırılması	54
5.5 İki Farklı Deprem İvme Hareketi Altında Dolgu Duvar Davranışlarının Karşılaştırılması	55
6.SONUÇLAR	58
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	63

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1 Binanın Mimari ve Malzeme Özellikleri.....	27
Tablo 4.1 Dolgu Duvarsız Çerçeve Sistem Taban Kesme Kuvveti.....	33
Tablo 4.2 Dolgu Duvarsız Çerçeve Sistem Taban Kesme Kuvvetinin Katlara Dağılımı.....	34
Tablo 4.3 Dolgu Duvarsız Çerçeve Sistem Kat Rijitlikleri.....	34
Tablo 4.4 Perde- Çerçeve Sistem Taban Kesme Kuvveti	36
Tablo 4.5 Perde-Çerçeve Sistem Taban Kesme Kuvvetinin Katlara Dağılımı..	37
Tablo 4.6 Perde-Çerçeve Sistem Kat Rijitlikleri	37
Tablo 4.7 x-x Doğrultusunda Oluşan Duvar Boyutları	39
Tablo 4.8 y-y Doğrultusunda Oluşan Duvar Boyutları	40
Tablo 4.9 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem Taban Kesme Kuvveti.....	40
Tablo 4.10 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem Taban Kesme Kuvvetinin Katlara Dağılımı.....	40
Tablo 4.11 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem Kat Rijitlikleri.....	41
Tablo 4.12 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem Zemin Katında Taşıma Gücünü İlk Kaybeden Dolgu Duvarlar ve Göçme Süreleri.....	42
Tablo 4.13 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem Zemin Katında Taşıma Gücünü İlk Kaybeden Dolgu Duvarlar ve Göçme Süreleri.....	42
Tablo 4.14 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem 1.Normal Kat Dolgu Duvarlarının Taşıma Gücünü Kaybetme Süreleri.....	42
Tablo 4.15 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem Zemin Katta İlk Taşıma Gücünü Kaybeden Dolgu Duvarlar ve Göçme Süreleri (Düzce Depremi).....	42
Tablo 4.16 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem Zemin Kat Dolgu Duvarlarının Taşıma Gücünü Kaybetme Süreleri (Düzce Depremi).....	43
Tablo 4.17 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem 1.Normal Kat Dolgu Duvarlarının Taşıma Gücünü Kaybetme Süreleri (Düzce Depremi).....	43
Tablo 4.18 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem Taban Kesme Kuvveti.....	44
Tablo 4.19 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem Taban Kesme Kuvvetinin Katlara Dağılımı.....	45
Tablo 4.20 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem Kat Rijitlikleri....	45
Tablo 4.21 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem 1.Normal Katta Taşıma Gücünü İlk Kaybeden Dolgu Duvarlar ve Göçme Süreleri..	45
Tablo 4.22 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem 1.Normal Kat Dolgu duvarlarının Taşıma Gücünü Kaybetme Süreleri.....	46

Tablo 4.23	Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem 1.Normal Katta Taşıma Gücünü İlk Kaybeden Dolgu Duvarlar ve Göçme Süreleri(Düzce Depremi).....	46
Tablo 4.24	Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem 1.Normal Katta Dolgu Duvarların Taşıma Gücünü Kaybetme Süreleri (Düzce Depremi).....	46
Tablo 4.25	Boşluksuz Dolgu Duvarlı Çerçeve Kat Rijitlikleri.....	48
Tablo 4.26	Boşluklu Dolgu Duvarlı Çerçeve Kat Rijitlikleri.....	49
Tablo 5.1	Her İki Deprem İvme Kaydı İçin Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem Zemin Kat Dolgu Duvarları Taşıma Gücü Kaybı Sürelerinin Karşılaştırılması.....	56
Tablo 5.2	Kocaeli Deprem İvme Kaydı İçin Zemin Katta Dolgu Duvar Olup Olmamasına Göre1.Normal Kat Dolgu Duvarları Taşıma Gücü Kaybı Süreleri Karşılaştırılması.....	57
Tablo 5.3	Düzce Deprem İvme Kaydı İçin Zemin Katta Dolgu Duvar Olup Olmamasına Göre 1.Normal Kat Dolgu Duvarları Taşıma Gücü Kaybı Süreleri Karşılaştırılması.....	57
Tablo 6.1	Zemin İvmesi-MKS Şiddet İlişkisi.....	60

ŞEKİL LİSTESİ

No	Sayfa No
Şekil 2.1 : Tek Yönlü Gerilme Altında Tuğla ve Harçdaki Yatay Deformasyonlar....	5
Şekil 2.2 : Farklı Derz Kalınlıklarında Dolgu Duvar Basınç Dayanımları.....	6
Şekil 2.3 : Tuğla Dayanımı ile Duvar Dayanımı İlişkisi.....	7
Şekil 2.4 : Harç, Tuğla ve Duvar Basınç Dayanımları İlişkisi.....	7
Şekil 2.5 : Beton Blok Harç ve Duvar Basınç Dayanım İlişkisi.....	8
Şekil 2.6 : Prizma Testi Dolgu Duvar Gerilme Şekildeğiştirme İlişkisi.....	9
Şekil 2.7 : Derzlere Dik Yükler Altında Yığma Duvarda Kırılma.....	10
Şekil 2.8 : Yatay Derzlere Paralel Etkiyen Yükler Altında Yığma Duvarlarda Kırılma Biçimleri.....	11
Şekil 2.9 : Tekrarlı ve Yön Değiştiren Yüklemenin Değişimi.....	14
Şekil 2.10 : Tekrarlı ve Yön Değiştiren Yükleme Etkisinde Rijitliğin Değişimi.....	15
Şekil 2.11 : Her Yük Çevrimi Esnasında Yutulan Enerji Miktarının Karşılaştırılması...	16
Şekil 2.12 : Tekrarlı ve Yön Değiştiren Yükleme Etkisinde Yutulan Toplam Enerji Miktarının Karşılaştırılması.....	16
Şekil 2.13 : Dolgu Duvarın Çözümleme Modelinde Temsil Edilmesi.....	19
Şekil 2.14 : Dolgu Duvarlı Çerçevenin İki Ucu Mafsallı Çapraz Eşdeğer Sanal Çubukla Temsil Edilmesi.....	19
Şekil 2.15 : Dolgu Duvarın Yanal Yük Altındaki Davranış Eğrisi.....	20
Şekil 3.1 : Örnek B08 Binasının Güçlendirme Öncesi Zemin Kat Kalıp Planı.....	28
Şekil 3.2 : Örnek B08 Binasının Güçlendirme Sonrası Zemin Kat Kalıp Planı.....	29
Şekil 3.3 : 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi, İzmit D-B Bileşeni İvme Kaydı.....	30
Şekil 3.4 : 12 Kasım 1999 Düzce Depremi, Düzce D-B Bileşeni İvme Kaydı.....	30
Şekil 4.1 : Dolgu Duvarsız Çerçeve Sistemin Üç Boyutlu Modeli.....	32
Şekil 4.2 : Dolgu Duvarsız Çerçeve Sistemin (2-2 Aksı) Enkesit Görünüşü.....	33
Şekil 4.3 : Perde- Çerçeve Sistemin Üç Boyutlu Modeli.....	35
Şekil 4.4 : Perde- Çerçeve Sistemin (2-2 Aksı) Enkesit Görünüşü.....	36
Şekil 4.5 : Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistemin Üç Boyutlu Modeli.....	38
Şekil 4.6 : Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistemin (2-2 Aksı) Enkesit Görünüşü.....	39
Şekil 4.7 : Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistemin Üç Boyutlu Modeli...	43
Şekil 4.8 : Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistemin (2-2 Aksı) Enkesit Görünüşü.....	44
Şekil 4.9 : Boşluksuz Dolgu Duvarlı Çerçevenin (2-2 Aksı) Enkesit Modeli.....	47
Şekil 4.10 : Boşluklu Dolgu Duvarlı Tek Çerçeve (2-2 Aksı) Enkesit Görünüşü.....	48
Şekil 5.1 : Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Karşılaştırılması.....	49
Şekil 5.2 : Perdeli ve Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistemlerin Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Karşılaştırılması.....	50
Şekil 5.3 : Boşluksuz ve Boşluklu Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Karşılaştırılması.....	50
Şekil 5.4 : Kat Rijitlikleri Karşılaştırılması.....	51

Şekil 5.5	: Boşluksuz ve Boşluklu Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Kat Rijitlikleri Karşılaştırılması.....	52
Şekil 5.6	: 1.Mod Titreşim Periyotları Karşılaştırılması.....	53
Şekil 5.7	: Maksimum Yerdeğiştirmelerin Karşılaştırılması.....	54
Şekil 5.8	: Boşluksuz ve Boşluklu Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Yerdeğiştirmelerinin Karşılaştırılması.....	54
Şekil 5.9	: 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi, İzmit D-B Bileşeni İvme Kaydı (4s için)	55
Şekil 5.10	: 12 Kasım 1999 Düzce Depremi, Düzce D-B Bileşeni İvme Kaydı (7 s için)	56

SEMBOL LİSTESİ

f_H	: Harç dayanımı
f_{BD}	: Dolgu duvar basınç dayanımı
f_{BB}	: Beton blok basınç dayanımı
f_m	: Dolgu duvar prizma basınç dayanımı
E_m	: Dogu duvar başlangıç elastisite modülü
E_p, E_f	: Dolgu duvarın ve çerçevenin elastisite modülleri
H_S	: Dolgu duvarın çatlama anındaki kesme mukavemetini
H_U	: Tüm sistemin kesmeye göre taşıma gücünü
h_p	: Çatlamamış dolgu duvar yüksekliği
K_i	: Dolgu duvarlı çerçevenin ilk rijitliği
K_e	: Dolgu duvarlı çerçevenin etkili rijitliğini
K_C	: Dolgu duvarlı çerçevenin, taşıma gücüne ulaştığı zamanki rijitliği
G_p, G_f	: Dolgu duvarın ve çerçevenin kayma modülü
A_p, A_f	: Dolgu duvarın ve çerçevenin kesit alanı
A_e	: Etkili kesit alan
I_p, I_f	: Dolgu duvarın ve çerçevenin atalet momentleri
I_e	: Etkili kesitin atalet momenti
I_c	: Kolon atalet momenti
C_E	: Dolgu duvar ve çerçeve arasındaki ilişki parametresi
R_S	: Eşdeğer sanal çubuk basınç yükü taşıma kapasitesi
R_{cd}	: Göçme durumu için eşdeğer sanal çubuk basınç yükü taşıma kapasitesi

ÖZET

Dolgu duvarları, hesaplarda yapısal eleman olarak göz önüne alınmamalarına karşın, hem kütleleri hem de yatay rijitlikleri nedeniyle yapının dinamik karakteristiklerini değiştirmektedirler. Bu değişim, çoğu zaman dolgu duvarlarının yatay rijitliğinin ağır basarak yapının serbest titreşim periyodunun azalması yönünde olmaktadır.

Yüksek Lisans Tezi olarak suulan bu çalışmada, deprem etkisinde betonarme binalarda, hasarın oluşmasında dolgu duvarların modellenmesi ve taşıyıcı sisteme katkısı araştırılmaktadır.

1.Bölüm’de;daha önce yapılan, dolgu duvarların yapının yatay yükler altındaki davranışına etkisinin anlaşılmasına yönelik çalışmalar özetlenmekte ve çalışmanın amacı ortaya konulmaktadır.

2.Bölüm’de;dolgu duvarların yapılar üzerindeki etkileri, dolgu duvarların özellikleri hakkında genel bir bilgi verimekte ve dolgu duvarların eşdeğer sanal çapraz çubukla temsil edildiği bir yaklaşım önerilmektedir.

3.Bölüm’de;dolgu duvarların etkilerinin belirlenmesi için ele alınan B08 yapısı hakkında ve analizlerde kullanılan deprem ivme kayıtları hakkında bilgi verilmektedir.

4.Bölüm’de;ele alınan B08 yapısının taşıyıcı sistemi ve yapıdaki taşıyıcı elemanları gerçekçi bir şekilde temsil eden, SAP 2000 yapısal analiz programında oluşturulan analiz modelleri, analizi yapılan her model için elde edilen taban kesme kuvvetleri, kat rijitlikleri ve doğal titreşim periyot değerleri verilmiştir.

5.Bölüm’de;oluşturulan her model için analizler sonucunda elde edilen taban kesme, rijitlik, doğal titreşim periyodu, maksimum yer değiştirme değerleri ve dolgu duvarlı modeller için dolgu duvar taşıma yükü kaybı süreleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

6.Bölüm’de;yapılan çalışmada elde edilen bilgiler ışığında değerlendirmeler yapılmış ve sonuçlara ulaşılmıştır.

SUMMARY

The skeleton frames are filled in their plane by clay brick masonry walls to meet the architectural and functional requirements like partitioning. In such situations, the combinations of frames and filler walls forms a composite structural system called infilled frames. The infilled frames are not often considered as structural elements but they tend to interact with the bounding frame when the structure is subjected to lateral loadings. This interaction has a considerable effect on the overall seismic response of the structure.

Designers usually neglect the structural contribution of the infill to avoid complexity in analysis, feeling that such an omission is on the safe side. Because the infill walls which are made of brittle material are broken and losing their lateral strength during early stages of an earthquake.

The infill influence the dynamic characteristics like fundamental period and mode shape of the structure. The stiffness of infill decreases the fundamental period.

To sum up, the infill basically affects the stiffness, strength, shear distribution, rigidity and dynamic characteristics of the main structure. The influence of the infill on these characteristics depends on the number of frames that are infilled and the location of the infill in structure.

As a conclusion, in this study, an attempt has been made to define modelling of infill walls and the influence of infill walls during the earthquake. For that purpose the R-C building structure which was damaged during August 17, 1999 Kocaeli Earthquake, is analyzed for four situations. The program so called SAP 2000 is utilized in these analysis. The infilled frames are investigated under different acceleration-time histories recorded during the Kocaeli and Düzce Earthquakes.

1. GİRİŞ

Ülkemizde, özellikle yoğun yerleşim bölgelerinde çok katlı yapıların giderek daha geniş uygulama alanı bulması, bu yapı sistemlerinin gerçekçi, yeterli güvenlik ve ekonomik olarak tasarımının önemini arttırmaktadır. Çok katlı yapıların önemli bir özelliği, bu tür yapı sistemlerinin boyutlandırılmasında rüzgar ve deprem etkilerinin, düşey yüklere nazaran daha belirleyici olmasıdır.

Yurdumuzun dünyanın önemli deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunması, yapıların projelendirilmesi ve inşası sırasında deprem etkisinin göz önüne alınmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Deprem etkisinin yapının kullanım ömründe ağır bir yükleme türü olduğu düşünülürse, bu problemin optimum bir mühendislik yaklaşımı ile ele alınması gerekir.

Çok katlı betonarme yapıların taşıyıcı sistemleri, genellikle kat döşemeleri ile birbirlerine bağlanmış ortogonal düzlem çerçevelerden oluşmaktadır. Bu çerçevelerden bazıları, mimari veya çeşitli işlevsel nedenlerle, kendi düzlemlerinde tuğla duvar veya beton bloklarla doldurulmuştur.

Çeşitli ülkelerde yürürlükte olan mevcut deprem yönetmeliklerinin hemen hemen hepsinde dolgu duvar panellerinin, yapının taşıyıcı sistemi üzerindeki etkileri ihmal edilmiştir. Standart uygulama, tasarım sırasında dolgu duvar panellerini sadece yapı ağırlıklarının belirlenmesinde dış yük olarak dikkate alıp, taşıyıcı sistem analizlerinde kolon ve kiriş elemanlarının modellenmesi ile oluşturulan çerçeveyi kullanmaktır.

Ancak, deprem sırasında binalarda oluşan hasarlar üzerinde yapılan gözlem ve araştırmalarda, duvarlarda büyük kalıcı şekil değiştirmelerin olduğu saptanmıştır. Bu kalıcı şekil değiştirmelerin oluşumu ve çerçeve sistem ile etkileşimi merak uyandıran konular olmuştur.

Bu konuda, son yıllarda yapılan deneysel ve analitik çalışmalar neticesinde, dolgu duvarların taşıyıcı sistem davranış özelliklerini büyük ölçüde değiştirebildiği

ispatlanmış ve taşıyıcı sistem analizlerinde, duvarların modellenmesi konusunda önemli aşamalar kaydedilmiştir.

TS 500 ve Deprem yönetmeliğimizde, diğer gelişmiş ülkelerin deprem yönetmeliklerinde olduğu gibi, dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin davranış özelliklerinin (rijitlik, dayanım, süneklik vb.) tahmini ile ilgili standart yöntemlerin yer almaması günümüz koşullarında bu konuyu çok daha önemli kılmaktadır.

1.1 Dolgu Duvarlı Çerçeve Davranışlarının Üzerine Bazı Çalışmalar

Dolgu duvarlı çerçeveler hakkındaki çalışmalar incelendiğinde, genel olarak aynı türde çalışmalar olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmaların çoğunda, dolgu duvarlı çerçevelerden çeşitli numuneler seçilerek devirli yanal yükleme testleri yapılmış ve çerçevelerin hareketleri incelenerek bazı yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir.

Stafford Smith 1962, 1966, 1967 yıllarında yaptığı çalışmalarda basınç çubuğu yöntemini ele almıştır. Dolgu duvarlı çerçeve sistemlerin yatay yükler altındaki davranışını belirlemek amacıyla hem deneysel hem analitik çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmasında dolgu duvarlı çerçevelerin yatay rijitlik ve dayanımının, yalnızca boyutlara ve fiziksel özelliklere bağlı değil ayrıca dolgu ve etrafındaki çerçeve ile olan temas yüzeyinde bağlı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Temas yüzeyi uzunluğunun dolgu ve çerçevenin bağli rijitlikleri ile değiştiğini belirterek dolgu duvar davranışını belirleyen görelî rijitlik parametresini tanımlamıştır.

Ersoy ve Uzsoy 1971 yılında dokuz adet tek katlı tek açıklıklı dolgulu betonarme çerçeveleri monoton artan yükler altında test etmişler ve sonuç raporlarında dolgunun, yatay yük taşıma kapasitesini %700 arttırdığını ve yatay deplasmanı %6 azalttığını görmüşlerdir. Ayrıca sistemin elastik yatay rijitliğinin %500 arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Analizlerde çerçevenin köşelerine bağlanmış basınç çubuğu kullanmışlar ve sonuçta çerçeve ile dolgu arasındaki bağli sistemin yatay rijitliğine önemli etkisi olmadığı sonucuna varmışlardır.

Bertero ve Brokken 1981 yılında dinamik yükleme altında bir dizi deney yapmışlardır. Numuneler tek açıklıklı dört katlı dolgulu çerçeveler olarak seçilmiştir. İncelenen parametreler ise, dolguda boşlukların etkisi ve dolgu ile çerçeve arasındaki bağlantılar olmuştur. Deprem davranışını temsil eden tersinir yükler altında 18 numuneyi incelemişlerdir. Çalışmada 4 tip dolgu kullanmışlardır. Çalışmadan şu

sonuçlar elde etmişlerdir; 1) Kullanılan dolgunun tipi ne olursa olsun, boş çerçeveye eklenen dolgu, sistemin rijitliğini önemli ölçüde arttırmıştır. 2) Yatay rijitlik ve dayanım etki eden yükün etki biçimine bağlıdır. Monoton yükler altında bu özellikler, panelin donatı düzeninden etkilenmektedir. Ancak tersinir yükler altında dolgunun donatı miktarı ve düzeni ile çerçeveye bağlanma şekli, hem rijitliği hem de dayanımı önemli ölçüde etkilemektedir. 3) Tüm numunelerde hasarlar ilk katlarda yoğunlaşmıştır. 4) Boş çerçeveye dolgunun eklenmesi sistemin dinamik özelliklerini de etkilemektedir. Lineer elastik bölgede hakim periyot, kütle %10 artmasına rağmen %54 azalmıştır. 5) Boş çerçeveye dolgunun eklenmesi, maksimum yerdeğiştirmeleri %56-%85 arasında azaltmaktadır.

Zarnic ve Tomasevic alışmaları sonucunda dolgu duvarların, yapı üzerinde yararlı ve zararlı etkileri olduğunu saptamışlardır. Bu nedenle de yapının inşaası ve hesap aşaması için iki metod önermişlerdir; 1) Dolgu duvarlar, ikinci derece yapı elemanı olarak kabul edilmeli ve yeterli miktarda derzler sayesinde sistemden koparılmalıdır. Böylece deprem esnasında yapının serbest deformasyonu sağlanmış olur. 2) Dolgu duvarlar yapının önemli parçaları olarak inşaa edilirlerse, hesap aşamasında dolgu duvarlar ve çerçeveler arasındaki değişik kuvvet dağılımı uygun bir şkilde göz önüne alınmalıdır.

Ersin 1997 yılında yüksek lisans tezi için yaptığı çalışmalarda dolgu duvarı oluşturan malzeme özellikleri ve dolgu duvar şekillerinin, yerdeğiştirmelere ve yapının periyoduna etkisini incelemiştir. Bu alışma sonucunda, yapı temel titreşim periyodunda ve yerdeğiştirmelerde azalmalar olduğunu saptamıştır.

1.2 Çalışmanın Amacı

erevelerden oluşan yapıların deprem, rüzgar gibi yatay yükler altındaki gerçek dayanımın ve rijitliğinin belirlenmesinde dolgu duvarların önemi artık kabul edilmektedir. Yinede özellikle son yıllarda yapılan yoğun çalışmalara karşın, hesabının karmaşıklığından ve uygun teori eksikliğinden dolayı dolgu duvarları, yapı standartlarında henüz yapısal (taşıyıcı) eleman olarak gözönüne alınmamaktadır.

Ancak deprem sırasında binalarda oluşan hasarlar üzerinde yapılan araştırmalar ve gözlemlerde, duvarların yapı davranışını değiştirdiği grlmştr.

Dolgu duvarlı yapı sistemlerinin hesabı için geliştirilen hesap yöntemlerinin sağladığı olanakların pratik uygulamalara aktarılmasını öngören bu çalışmanın amacı, dolgu duvarların betonarme çerçeve davranışını hangi yönlerden etkilediğinin belirlenmesidir.

2. DEPREM ETKİSİNDE DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELER

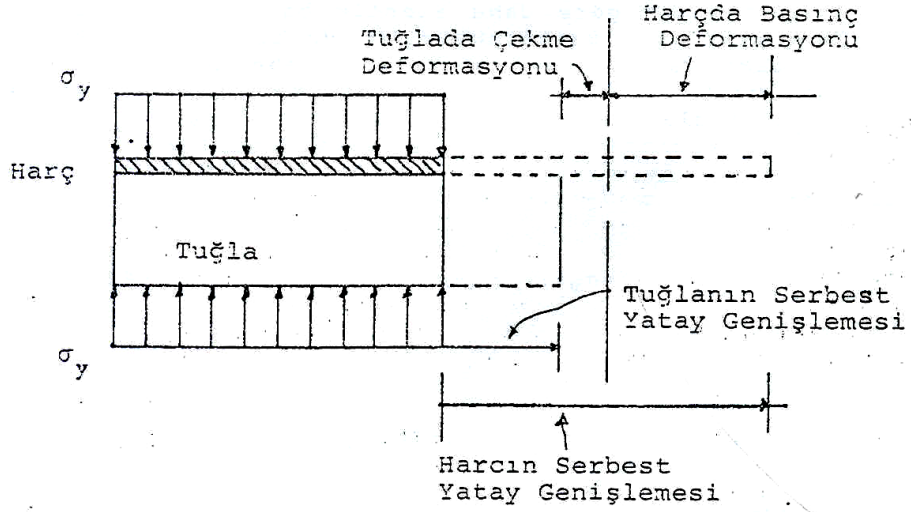
Dolgu duvarlar, taşıyıcı sistemi betonarme veya çelik olan her yapının vazgeçilmez yapı elemanlarıdır. Sadece mimari elemanlar olarak düşünüldükleri için, etkileri mühendisler tarafından statik ve dinamik analizlerde göz ardı edilir. Dolgu duvarların yapının önemli elemanlarından olduğu ve etkilerinin yapıların taşıyıcı sistem modellerinde temsil edilmesinin gerekliliğine bir önceki bölümde değinilmişti. Bu bölümde ise tuğla ve beton bloklar şeklinde yapılmış dolgu duvarların basınç, çekme ve kesme dayanımları hakkında bilgi verilecektir.

2.1 Dolgu Duvar Özellikleri

2.1.1 Dolgu Duvarların Basınç Dayanımı

Yapay taşlardan oluşan duvarların basınç dayanımı, başta tuğla ya da beton blok, harcın basınç ve çekme dayanımları olmak üzere, harcın yapay taşa yapışma (aderans) dayanımı, duvar işçiliği, derz kalınlığı, yapay taş birimlerinin boyutları, kullanılan harcın tazeliği, yapay taşın su emme kapasitesi gibi bir çoğu yapı tasarımı aşamasında bilinmeyen ya da sayısal olarak belirtilmeyen faktörlere bağlıdır.

Harç ve tuğladan oluşan ve malzemelerin elastik oldukları ve aralarında tam bir aderans bulunduğu varsayılan bir model için, düşey yükler altında tuğla ve harçta oluşan deformasyonlar Şekil 2-1’de verilmektedir.



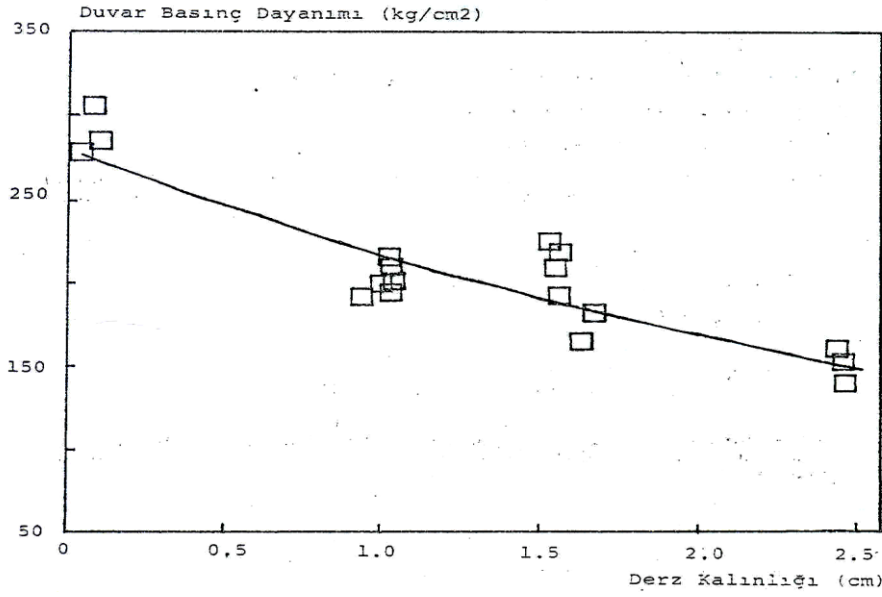
Şekil 2-1 Tek Yönlü Gerilme Altında Tuğla ve Harçdaki Yatay Deformasyonlar

Harç tuğlaya göre daha elastik bir malzeme olduğu için yatay yönde daha çok uzayacaktır. Diğer bir deyişle tuğla ile harç arasındaki tam aderans sonucu tuğlada çekme, harçta ise basınç gerilmesi ve harçta yatay kılma, tuğlada yatay uzama olacaktır. Tuğladaki yatay uzama artı harçtaki yatay kılmanın toplamı serbest yatay deformasyondaki fark olacaktır. Hem harç hem de tuğlanın boyutları aynı olduğu için bu deformasyonlar birim deformasyona çevrilebilir.

2.1.2 Derz Kalınlığının Etkisi

Derzlerin ince ya da kalın oluşu ya da tuğla yüksekliğinin derz kalınlığına oranının büyük ya da küçük oluşu, daha kalın ya da ince tuğla kullanılması tuğla duvar dayanımını arttırmaktadır. Derzleri incelterek duvar basınç dayanımında teorik olarak önemli bir artış sağlanmamaktadır. Buna karşılık derzlerin kalınlaştırılması ile duvar basınç dayanımında teorik olarak daha büyük azalmalar olmaktadır. Derz kalınlığı değiştirilerek yapılan deneylerde derzlerin incilmesi ile basınç dayanımının önemli ölçüde arttığı gözlenmiştir. Şekil 2-2

Sonuç olarak tuğla duvarlarda derz kalınlıklarının 1.0 cm civarında olması ya da derz kalınlığına göre tuğla ya da briket derinliğinin yüksek oluşunun duvarın basınç dayanımını yükselttiği kesindir.



Şekil 2-2 Farklı Derz Kalınlıklarında Duvar Basınç Dayanımları

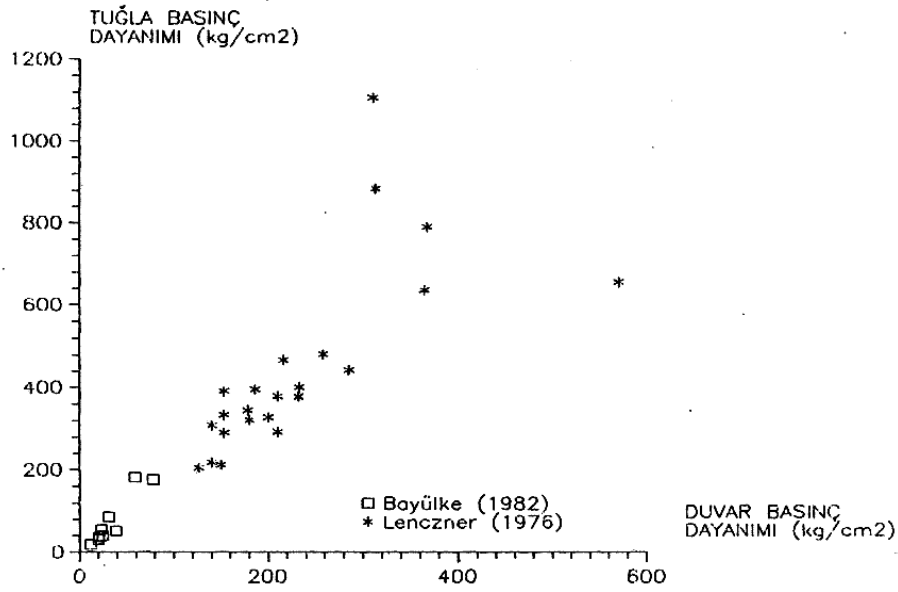
2.1.3 Tuğla ve Harç Dayanımının Etkisi

Tuğla duvarların basınç dayanımı pratik olarak kullanılan tuğla ya da başka cins malzemenin basınç dayanımının bir yüzdesi olarak alınmaktadır. Bu yüzdenin 0.25-0.50 arasında değiştiği bilinmektedir. Bu oran kullanılan tuğlanın ve bağlayıcı harcın basınç dayanımı, harç ile tuğla arasındaki aderans gibi özelliklere bağlı olarak değişmektedir.

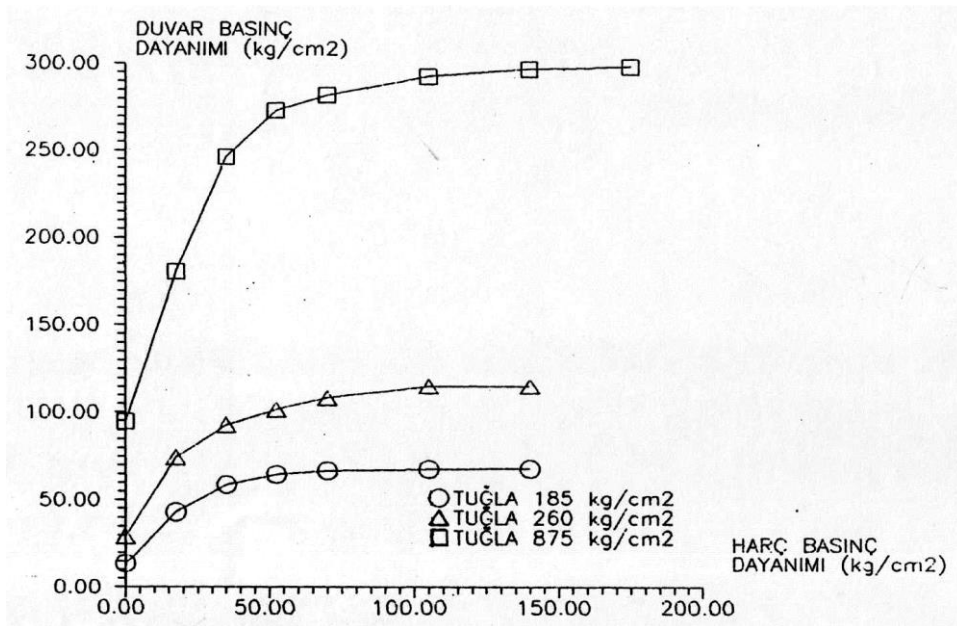
Lenczner (1972) [17] tuğla, duvar basınç dayanımı arasında Şekil-2-3'deki ilişkiyi vermektedir. Bu eğri deneysel sonuçlardan çıkarılmıştır. Görüldüğü gibi duvarda yüksek dayanımlı tuğla kullanılması ile tuğla duvar dayanımında aynı oranda bir artış olmamaktadır.

Şekil-2-4'de Foster (1978) [17] tarafından tuğla ve tuğla duvar basınç dayanımları arasındaki bir başka ilişki verilmektedir. Görüldüğü gibi harç dayanımının birkaç kat artırılması tuğla duvar dayanımında % 25-30 kadar bir artış sağlamaktadır. Aynı tuğla ile birkaç kat daha yüksek dayanımlı harç kullanılması duvar dayanımında anlamlı bir artış sağlayamamaktadır.

Buna karşılık aynı harç ile daha yüksek dayanımlı tuğla kullanılması duvar basınç dayanımında çok daha önemli artışlar sağlamaktadır. Duvarın basınç dayanımının artırılması için daha yüksek basınç dayanımlı tuğla kullanılması gerekmektedir.



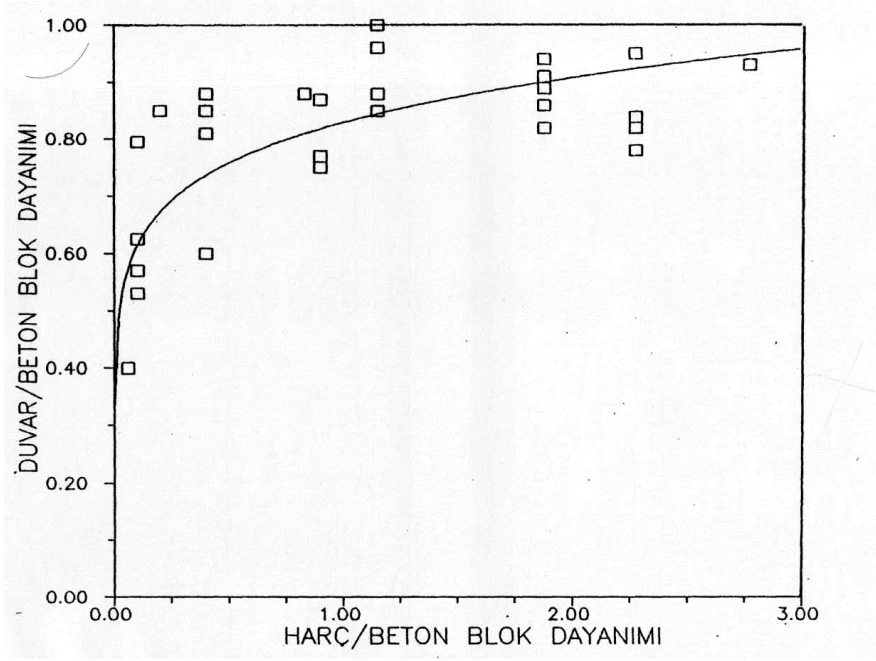
Şekil 2-3 Tuğla Dayanımı İle Duvar Dayanımı İlişkisi



Şekil 2-4 Harç, Tuğla ve Duvar Basınç Dayanımları İlişkisi

Beton bloklardan yapılmış duvarlar için de harç, beton blok ve de duvar basınç dayanımları arasındaki benzer bir ilişki Şekil-2-5'de verilmektedir. Burada hem beton blok hem de harç aynı cins malzemeden olduğu için tuğla duvarlardan farklı olarak harç dayanımının (f_H) duvar basınç dayanımını (f_{BD}) artırmaya daha yüksek

olabilmektedir. Harç (f_H) ve beton blok (f_{BB}) basınç dayanımları birbirine yakın ise duvar basınç dayanımı (f_{BD}) beton blok basınç dayanımına yaklaşmaktadır. Harç ile beton blok arasında farklı zamanlarda üretildikleri için tam yapışma olmamakta ancak blok dayanımına yakın yada daha yüksek dayanımlı harç kullanılırsa duvar basınç dayanımı beton blok basınç dayanımının % 80-85 'i kadar olabilmektedir.



Şekil 2-5 Beton Blok Harç ve Duvar Basınç Dayanımı İlişkisi

Tuğlalarda yüksek su emme kapasitesinin bulunması da tuğla duvarın basınç dayanımını önemli ölçüde azaltır. Tuğla harcın suyunu emerek harca hidrasyon için yeterli su bırakmamakta ve harç gerektiği gibi sertleşmemektedir. Bu aynı zamanda harç ile tuğla arasındaki aderansı da azaltmaktadır.

2.1.4 Tuğla Dolgu Duvar Elastisite Modülü

Dolgu duvar davranışının çerçeve sistemlere etkisinde, duvarın rijitliğini etkileyen dolgu duvar elastisite modülünün önemi büyüktür. Dolgu duvar homojen bir eleman olmadığı için çeşitli (yatay,düşey,çapraz) yönlerdeki elastisite modülü birbirinden farklıdır.

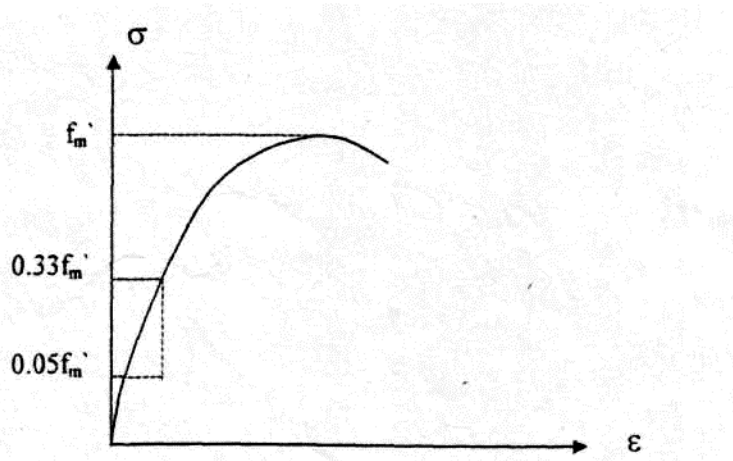
Tuğla elemanlardan oluşmuş dolgu duvar elastisite modülü;

- tuğla basınç dayanımına,
- tuğla yüksekliğine,
- harç tabakası basınç dayanımına,
- harç tabakası yüksekliğine

bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca dolgu duvar elastisite modülü sıvalı ve sıvasız duvarlar için farklı değerler almaktadır. Sıva kalınlığı da dolgu duvar elastisite modülünü değiştirmektedir.

Kurumsal olarak yapılan çalışmalarda dolgu duvar elastisite modülü, genellikle dolgu duvar prizma basınç dayanımının (f_m) bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir.

ACI530-95 standardına göre dolgu duvar prizma testinden elde edilen gerilme-şekildeğiştirme bağıntısında en büyük gerilme değeri olan dolgu duvar prizma basınç dayanımının (f_m) %33 ve %5 lik değerine karşılık gelen iki nokta arasındaki doğrunun eğimi, dolgu duvar elastisite modülü olarak kabul edilmektedir.Şekil 2-6.



Şekil 2-6 Prizma Testi Dolgu Duvar Gerilme-Şekildeğiştirme İlişkisi

Dolgu duvar elastisite modülü (2.1) bağıntısıyla hesaplanabilmektedir.

$$E_m = \frac{\sigma_{0,33} - \sigma_{0,05}}{\varepsilon_{0,33} - \varepsilon_{0,05}} \quad (2.1)$$

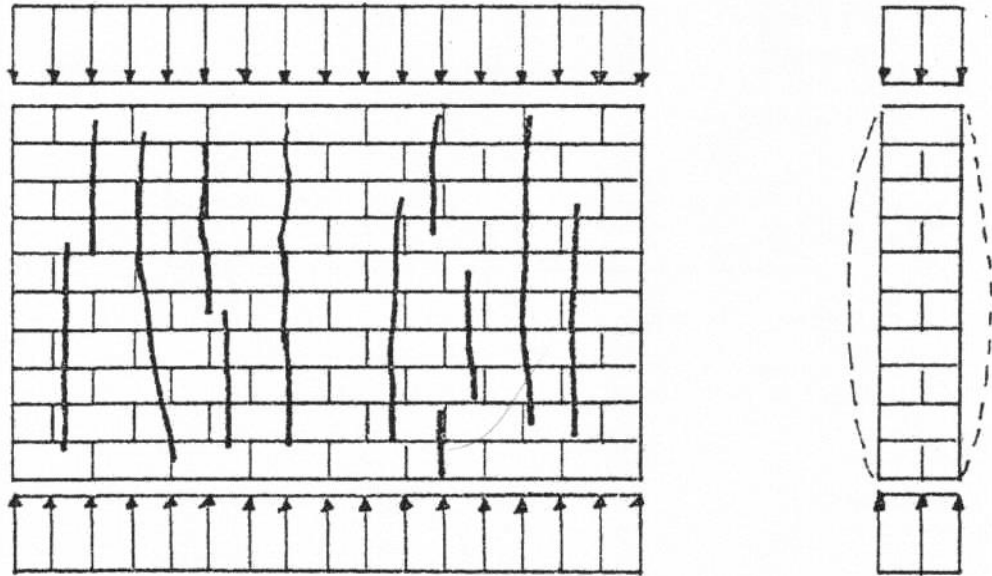
Bu bağıntıda; $\sigma_{0,33}$ duvar prizma basınç dayanımının % 33 ü olan $\sigma_{0,33}$ gerilmesine karşı gelen şekildeğiştirme, $\varepsilon_{0,05}$ duvar basınç dayanımının % 5 i olan $\sigma_{0,05}$ gerilmesine karşı gelen şekil değıştirmedir.

2.1.5 Tuğla Dolgu Duvarların Çekme – Kesme Dayanımı

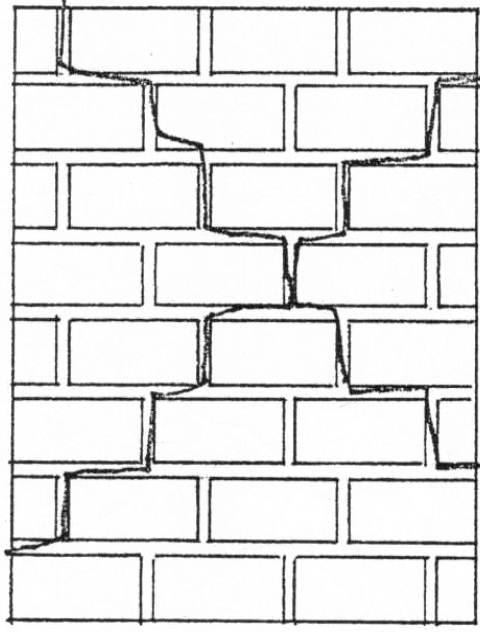
İki eksenli gerilme altındaki duvar elemanının kırılması harç ve tuğla dayanımına ve derzlere dik yükler (düşey yükler) ile paralel yükler (yatay yükler) arasındaki orana bağılı olarak, eğer harç tuğladan daha zayıf ise derzlerde yatay kesme ya da diyagonal çekme biçiminde olmaktadır. Eğer tuğlanın basınç dayanımı harçtan az ise kırılma yine diyagonal çekme biçiminde ancak çatlakların tuğlaların içinden geçmesi şeklinde olmaktadır. Şekil 2-7 ve Şekil 2-8 'de bu iki durumu göstermektedir.

Tuğla duvarın taşıdığı düşey yük belli bir düzeye kadar duvarın yatay yük taşıma gücünü arttırabilmektedir.

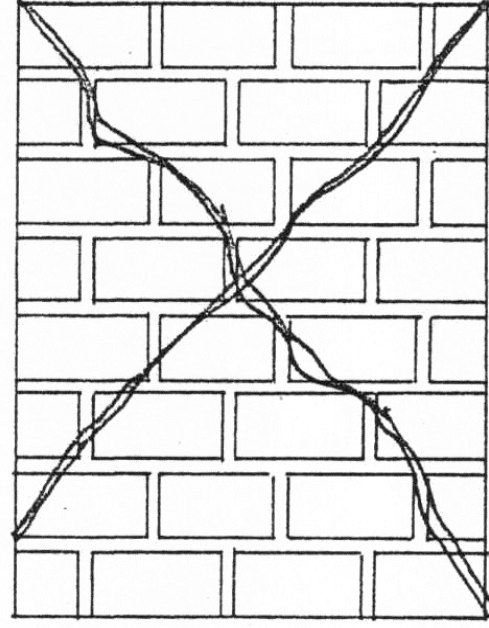
Tuğla duvarın kesme dayanımı ya derzlerin düzlemi içinde yatay kesme aderans dayanımına ya da makaslama çekme dayanımına bağılı olmaktadır.



Şekil 2-7 Derzlere Dik Yükler Altında Yığma Duvarda Kırılma



a) Harç Dayanımı Tuğla Dayanımından Küçük. Derzlerden Geçen Çatlaklar



b) Harç Dayanımı Tuğla Dayanımından Yüksek. Tuğlaları da Kesen Çatlaklar.

Şekil 2-8 Yatay Derzlere Paralel Etkiyen Yükler Altında Yığma Duvarlarda Kırılma Biçimleri

2.2 Dolgu Duvarların Deprem Kuvveti Altında Davranışı ve Göçme Biçimleri

Betonarme çerçeveli dolgu duvarlı yapı tiplerinin deprem esnasındaki davranışları incelendiğinde bazı temel davranış biçimleri belirlenebilir.

Betonarme yapılarda deprem hasarı sıva çatlaklarıyla başlar. İlk sıva çatlakları sıva kalınlığının az olduğu bölgelere rastlar. Daha sonra, kiriş-duvar ve kolon-duvar birleşim derzlerinde yine sıva çatlakları görülür. Binalarda hasar, bu tür sıva çatlakları düzeyinde ise, genellikle yapının betonarme taşıyıcı elemanlarında (kolon ve kirişler) hasar bulunmamaktadır.

Daha şiddetli depremlerde, dolgu duvarın boşluklu tuğla ya da daha zayıf mukavemetli boşluklu briket olmasına da bağlı olarak, dolgu duvar hasarı başlamaktadır. Duvar düzlemine karşıdan bakıldığında, daha çok örgü harç derzlerini izleyen kırıklı X biçiminde derin çatlaklar görülür. Dolgu duvar hasarının daha ileri aşamasında ise, duvarlar taşıyıcı elamanlardan ayrılır ve tuğla ya da briket parçaları kopup düşmeye başlar. Genellikle dolgu duvarların iyice parçalanıp iri parçalar halinde dökülmeye başlaması ile özellikle kolon-kiriş birleşimlerine yakın bölgelerde kirişlerde ve kolonlarda mafsallaşmalar görülür. Çok yüksek duvarlarda, dolgu duvar

ayrıca betonarme hatıl ile çerçeveye bağlanmamış ise duvar düzlemine dik atalet kuvvetleri ile yana yıkılmalar da meydana gelebilir.

Bu hasarlar ve göçme şekilleri dolgu duvar ve çerçevenin özelliklerine göre değişmektedir.

Köşe Kırılması

Köşe kırılması, dolgu duvarın yüklü olan en az bir köşesinin kırılması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Genellikle, güçlü elemanlı ancak zayıf birleşimli çerçevelerle çevrelenmiş zayıf elemanlarla oluşturulmuş dolgu duvarlı sistemlerde meydana gelmektedir.

Kayma Kırılması

Dolgu duvarın kendi içinde yatay şekilde kaymasıyla oluşmaktadır. Dolgu duvarda kullanılan harç tabakasının kayma gerilmelerine karşı dayanımını kaybetmesi sonucunda kayma kırılması meydana gelmektedir. Bu şekilde kırılma kuvvetli çerçeve, zayıf harç tabakası kullanılan dolgu duvarlı sistemlerde ortaya çıkmaktadır.

Çapraz Çatlama

Dolgu duvarın yüklü iki köşesi doğrultusunda çatlamların başlamasına çapraz çatlama denmektedir. Genellikle zayıf çerçeve ya da zayıf düğüm noktalarına sahip olan çerçevelerin daha rijit dolgu duvarlarla doldurulması sonucunda oluşmaktadır.

Çapraz Kırılma

Duvarın basınç bölgesindeki çaprazda dolgu duvarın orta bölgesinin kırılması şeklinde ortaya çıkar. Bu tip göçme, rölatif olarak daha narin olan duvarın düzlem dışı burkulmasıyla meydana gelmektedir.

Çerçeve Göçmesi

Dolgu duvarda önemli bir hasar olmadan çerçevede plastik mafsalların oluşması durumunda karşılaşılan göçme şeklidir. Rijit dolgu duvarla doldurulmuş zayıf çerçeve sistemlerde bu tip göçme meydana gelebilmektedir.

2.3 Dolgu Duvarların Yapılar Üzerindeki Etkileri

Deprem yükü etkisi altındaki yapı sistemlerinde, dolgu duvar çerçeve etkileşimini göz önüne almamak tasarımcıyı her zaman güvenli tarafta bırakmayabilir. Dolgu duvarların çerçevelerle etkileşimi yapının yatay yükler altındaki davranışını olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Dolgu duvarlar:

- Yük Taşıma Kapasitesi
- Rijitlik
- Süneklik
- Enerji Yutma Kapasitesi

gibi başlıca kavramlar bakımından yapı sistemlerinin davranışını olumlu ve/veya olumsuz yönde etkilemektedir.

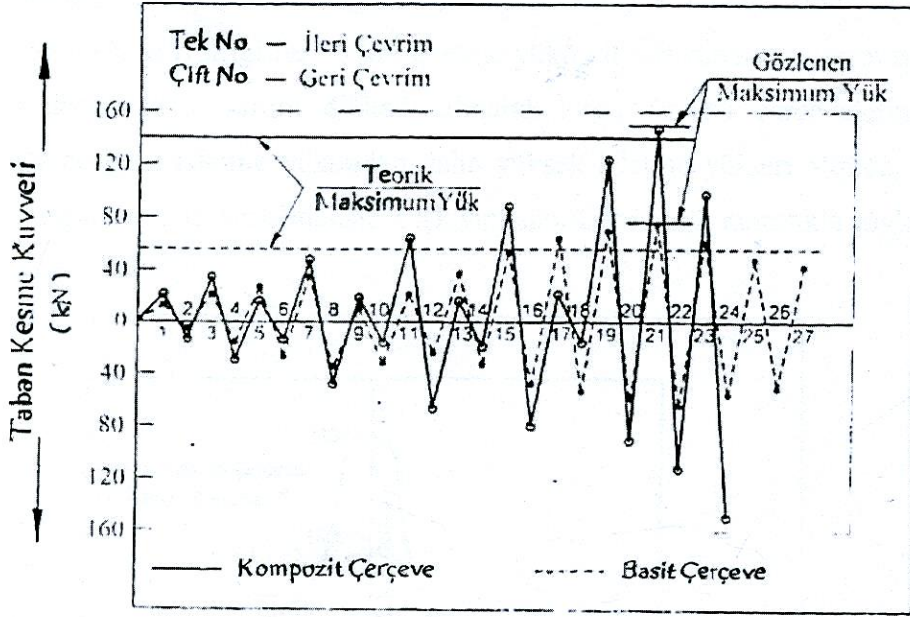
Dolgu duvarlar yapının yatay rijitliğini arttırarak, yatay deplasmanları küçültmekte ve yapıda oluşabilecek ikinci mertebe etkileri azaltmaktadır. Dolgu duvarlar yapı sisteminin rijitliği arttırdığı için, sistemin periyodu azalmakta ve dolayısı ile deprem sırasındaki dinamik davranışı değişmektedir. Ayrıca dolgu duvarlar yapının enerji yutma kapasitesini de arttırmaktadır.

2.3.1 Yük Taşıma Kapasitesi

Kompozit çerçevelerin rijitlik, yük taşıma kapasitesi ve sünekliğinin belirlenmesi amacı ile yapılan araştırmalarda, seçilen örnek yapılara deprem yüklerini temsil etmek üzere tekrarlı ve yön değiştiren yükler etkilmiştir.

Govindan ve ekibi, deneysel çalışmalarını tek açıklıklı ve 7 katlı, birbirleri ile aynı özelliklere sahip iki betonarme çerçeve örneği üzerinde yapmışlardır. Deney numuneleri 1/ 4 ölçeğinde hazırlanmış ve çerçevelerden biri tuğla duvar ile doldurulmuştur. Deney sırasında farklı çevrimler boyunca, her iki deney numunesinin taban kesme kuvvetlerinin değişimi Şekil 2-9'da gösterilmiştir. Aynı şekil üzerinde, teorik olarak hesaplanmış olan maksimum kesme kuvvetleri de yer almaktadır. Test süresince yapılan ölçümler incelendiğinde, her iki çerçevenin de teorik olarak hesaplanan değerlerden daha büyük yüklere dayanabildikleri görülmüştür. Dolgu duvarlı çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesinin, basit çerçeveninkinin yaklaşık 2 katı olduğu tespit edilmiştir. Yatay yük taşıma

kapasitelerinde görülen bu büyük farkın nedeninin dolgu duvarların katkısı olduğu açıktır.



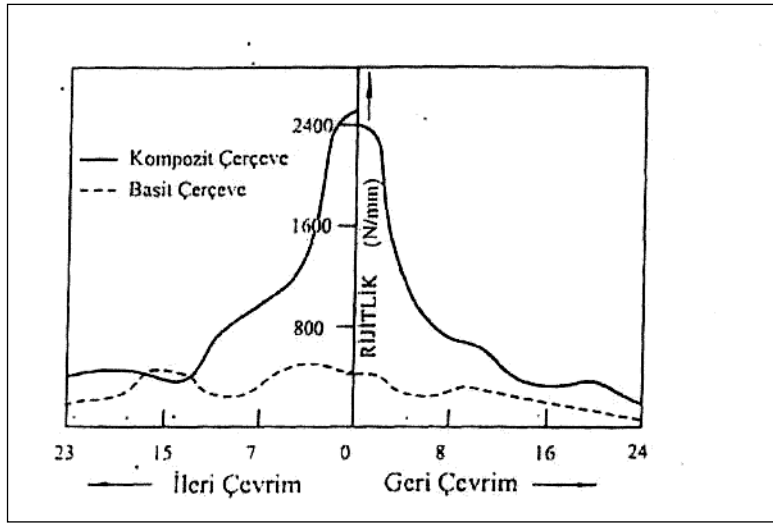
Şekil 2-9 Tekrarlı ve Yön Değiştiren Yüklemenin Değişimi

Negro ve Verzeletti dolgu duvarlı ve duvarsız (çıplak) betonarme yapıların davranışını, yaptıkları 1/1 ölçekli deneylerde incelemişlerdir. Deney numunesi olarak, planda her iki doğrultuda 2 açıklığı olan 4 katlı betonarme yapı hazırlamışlardır. Deneylerde ayrıca en alt katta (zemin katında) duvarların olmaması ile oluşturulan yumuşak katlı betonarme yapının davranışı da incelenmiştir. Deneyler sonucunda, dolgu duvarlı yapının yatay yük taşıma kapasitesinin, dolgu duvarsız (çıplak) betonarme yapıya oranla 1.5 kat daha fazla olduğu, yumuşak katlı betonarme yapı ile duvarsız betonarme yapının yatay yük taşıma kapasitelerinin birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir.

2.3.2 Rijitlik

Govindan ve ekibi üzerinde çalıştıkları duvarsız betonarme ve duvarlı betonarme çerçevelerin, tekrarlı yükler altında rijitliklerinin değişimi Şekil 2-10'da gösterilmiştir. Burada rijitlik en üst katta birim yer değiştirme oluşması için gerekli kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2-10'dan da anlaşıldığı gibi yüklemenin başlangıç safhalarında (ilk çatlamanın oluşumundan önce) duvarlı betonarme çerçeve duvarsız betonarme çerçeveden 5 kat daha rijittir. Yatay yükler altında, duvarsız

çerçevenin işletme yükü 36 kN'dur. Bu yük altında dolgu duvarlı çerçevenin rijitliği, duvarsız çerçeveninkinin 2.67 katıdır. Diğer taraftan dolgu duvarlı çerçevenin göçme yükü 146.1 kN'dür. Bu bağlamda, dolgu duvarlı çerçevenin 73.05 kN işletme yükü altında işlevini sürdürdüğü söylenebilir. Bu yük altında, dolgu duvarlı betonarme çerçevenin rijitliği ile 36 kN işletme yükü altında duvarsız çerçevenin birbirine çok yakındır. Bu durum dikkate alınarak, dolgu duvarlı çerçevelerin, dolgu duvarsız çerçevenin işletme yükünden daha yüksek işletme yükleri altında, rijitlikte azalma oluşacağı korkusu olmaksızın işlevini sürdürebileceği rahatlıkla söylenebilir.

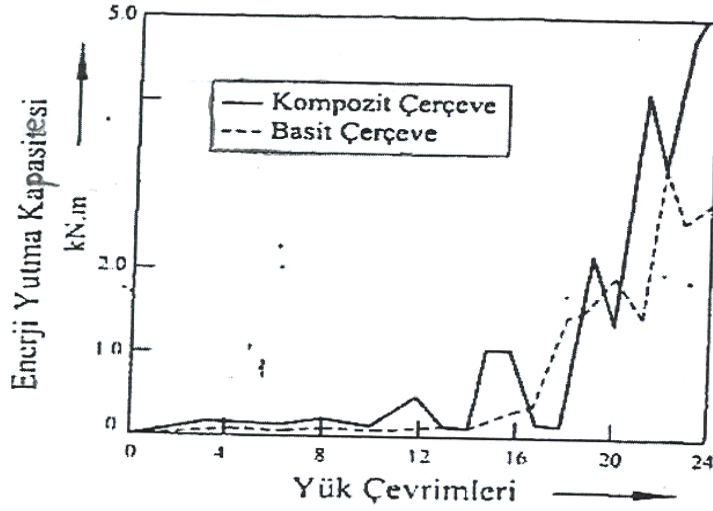


Şekil 2-10 Tekrarlı ve Yön Değiştiren Yükleme Etkisinde Rijitliğin Değişimi

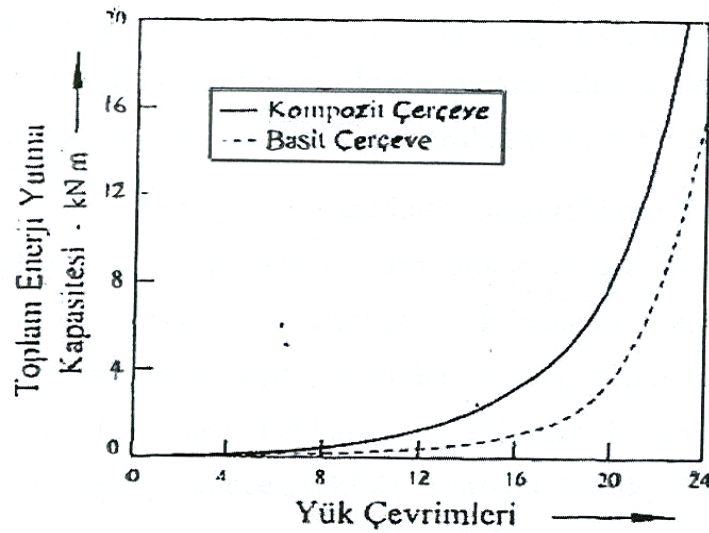
Negro ve Verzeletti'nin yaptıkları deneylerde, iki tip çerçevenin en üst katta oluşan maksimum yer değiştirmeleri karşılaştırıldığında, dolgu duvarlı çerçeve sisteminde oluşan maksimum deplasmanın basit çerçeveninkinden yaklaşık 2.6 kat daha az olduğu ve dolgu duvarlı çerçeve sisteminin rijitliğinin basit çerçeveninkinden çok yüksek olduğu gözlenmiştir.

2.3.3 Enerji Yutma Özelliği

Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız çerçevelerin enerji yutma miktarları Şekil 2-11 ve Şekil 2-12 üzerinde karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir. Şekil 2.5 dolgu duvarsız çerçeve ve dolgu duvarlı çerçevenin, tekrarlı ve yön değiştiren yükleme etkisinde, her yük çevrimi esnasında yutulan enerji miktarlarını göstermektedir. Farklı iki tip çerçevenin toplam enerji yutma miktarları ise Şekil 2-12’de verilmiştir.



Şekil 2-11 Her Yük Çevrimi Esnasında Yutulan Enerji Miktarlarının Karşılaştırılması



Şekil 2-12 Tekrarlı ve Yön Değiştiren Yükleme Etkisinde Yutulan Toplam Enerji Miktarının Karşılaştırılması.

Şekillerden de anlaşılacağı gibi dolgu duvarlı ve duvarsız çerçevelerin enerji yutma kapasiteleri arasındaki farkın büyük olması, dolgu duvarların önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

2.3.4 Dolgu Duvarların Yapı Davranışı Üzerine Olası Olumsuz Etkileri

Yapılarda alanları bölmek için inşa edilen dolgu duvarların sadece yatay yük taşıma kapasitesinde artışa sebep olduğu, dolayısıyla dinamik etkiler altındaki davranışı olumlu yönde etkilediği çok yaygın bir düşüncedir.

Buna karşılık, gerçekte dolgu duvarlar nedeniyle yapının davranışının değiştiği ve bu sebeple depremde oluşan hasarın beklenenden daha büyük olduğu sayısız örnek vardır.

Dayanaksız ve kırılgan olmalarına rağmen dolgu duvarları, yatay yükler altında yapının davranışını değiştirebilir ve taşıyıcı sistemin bazı elemanlarında hesaplarda öngörülmeyen etkilere neden olabilir. Örneğin simetrik çok katlı bir yapıda dolgu duvarların, planda mimari nedenlerden dolayı düzenli yerleştirilmediği bir durumu ele alırsak, tasarım aşamasında, dolgu duvarların göz ardı edilmesi ile çözülecek olan sistemin her doğrultusundaki çerçevelerin benzer etkilere maruz kalacağı söylenebilir. Gerçek durum ise, dolgu duvarlar nedeniyle duvar olan çerçevelerin rijitlikleri, diğerlerine nazaran daha büyük olacaktır. Sistemin tümü için düşünüldüğünde rijitlikteki bu artış nedeniyle yapının doğal periyodu küçülecek ve sistemin rijitlik merkezinin kütle merkezinden uzaklaşmasıyla oluşacak eksantrisite nedeniyle yapıda, hesaplarda öngörülmeyen burulma etkileri oluşacaktır.

Dolgu duvarların yapılar üzerinde oluşturabileceği olası diğer bir olumsuzluk ise, pencere veya başka sebeplerden dolayı dolgu duvarların kat yüksekliği boyunca devam ettirilmemesi ile boşluk bırakılmasıdır. Tasarım aşamasında duvarın etkisi ihmal edildiğinde yatay kuvvetler altında, plastik kesitlerin kolonların alt ve üst uçlarında oluşması beklenir ve kolonlar hesaplanan kayma kuvvetini belirli güvenlikte taşıyabilecek şekilde tasarlanır. Ancak, gerçek davranışta dolgu duvarların varlığı nedeniyle, kolonun serbest açıklığı küçülecek ve kolon alt ucunda oluşması beklenen plastik kesit, duvarın üst bitim bölgesi seviyesinde oluşacaktır bu durumda kolonların, tasarlandıkları maksimum kuvvetten daha büyük kayma kuvvetlerine maruz kalmalarına sebep olur.

2.4 Dolgu Duvar Modelleri

Dolgu duvarların yatay yükler altındaki davranışı ve çerçeve sistemlere etkileri bir çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Araştırmalar sonucunda çeşitli modelleme türleri ve formülasyonlar sunulmuştur.

Dolgu duvarların modellenmesinde iki temel yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi dolgu duvarların sonlu eleman kullanılarak mikro modellenmesi, diğeri ise dolgu duvarın bir bütün yapı elemanı olarak hesaba yansıtıldığı makro modellemedir.

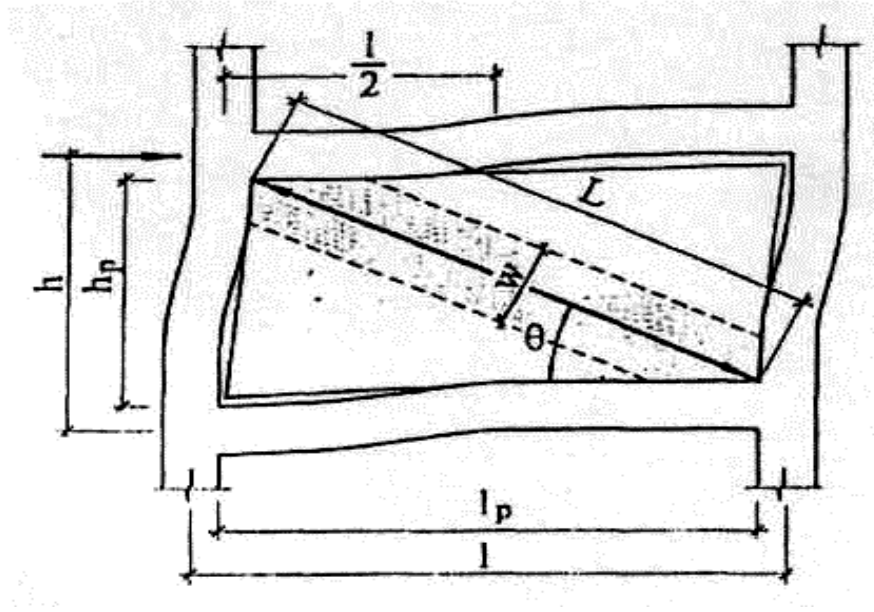
Modelleme dolgu duvarın çerçeve sistemine etkisinin doğru şekilde yansıtılabilmesi için uygulamada:

- Dolgu duvarı oluşturan tuğla elemanlar arasında boşluklar olmamalı, bu elemanlar birbirlerine harç vasıtasıyla kenetlenmelidir.
- Yük aktarımının tam yapılabilmesi için çerçeve sistem ve dolgu duvar bağlantısı iyi yapılmalıdır.

Bu çalışmada dolgu duvarların modellenmesinde, dolgu duvar özelliklerinin eşdeğer sanal çubukla idealleştirilen bir makro modelleme kullanılmıştır.

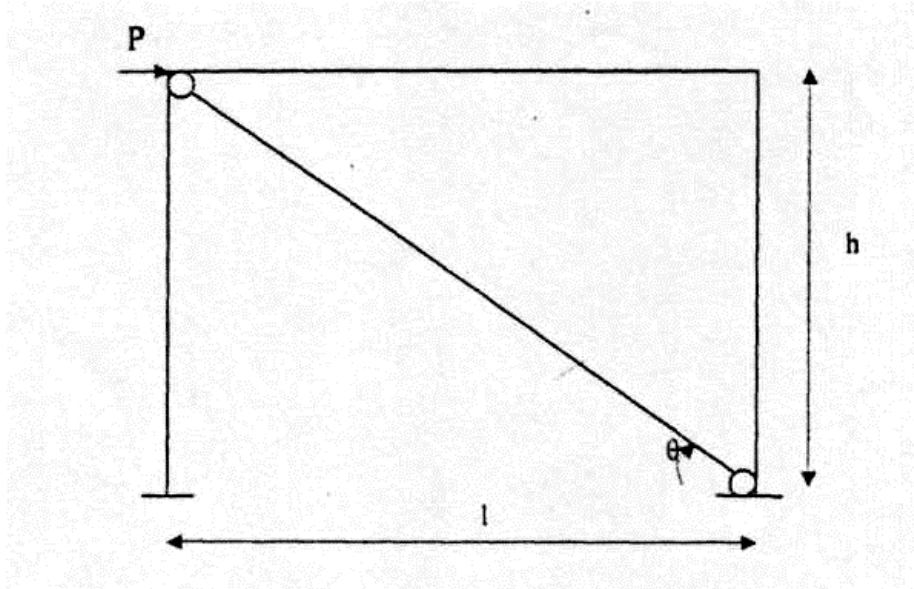
2.4.1 Eşdeğer Sanal Çubuk Modeli

Çerçeve sistem ve dolgu duvar etkileşiminde yatay yük seviyesinin düşük değerleri için, betonarme çerçeve ve dolgu duvar birlikte hareket etmektedirler. Sistemde yatay deformasyonlar arttıkça, çerçeve eğilme modunda hareket etmek isterken dolgu duvar buna engel olmaktadır. Artan yükler altında çerçeve ve dolgu duvar birleşiminde açılmalar meydana gelmektedir. Bu açılmalar ilk başta çekme çaprazındaki karşılıklı iki köşe civarında başlamakta ve yük seviyesi arttıkça genişlemektedir. Dolgu duvarda basınç kuvvetlerinin etkin olduğu çapraz basınç bölgesinin oluştuğu gözlenmektedir. Bu bölge Şekil 2-13'de taralı alan ile gösterilmiştir.



Şekil 2-13 Dolgu Duvarın Çözümleme Modelinde Temsil Edilmesi.

Basınç yükü taşıyan bu bölge, dış yükler etkisindeki çerçeve sistemlerin statik çözümlemesinde bir eşdeğer sanal çubuk ile temsil edilmiştir. Bu çalışmada dolgu duvarların çerçeve sistemlerin davranışına etkisi iki ucu mafsallı çapraz eşdeğer sanal çubukla temsil edilmiştir. Şekil 2-14

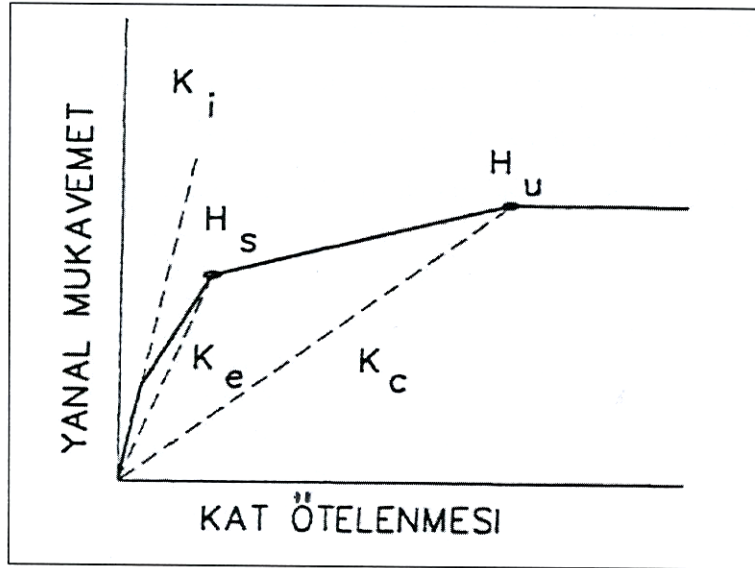


Şekil 2-14 Dolgu Duvarlı Çerçevenin İki Ucu Mafsallı Çapraz Eşdeğer Sanal Çubukla Temsil Edilmesi.

2.4.2 Dolgu Duvarların Analitik Modele Yansıtılması

R. Zarnic ve M. Tomazevic, on yıllık çalışmaları sonucunda, çok çeşitli test numunelerinin devirli yanal yükleme testlerinden elde edilen sonuçlar ve analitik araştırmalar sonucunda bir metod geliştirmişlerdir.

Test numunelerinin davranışlarının analiz edilmesi ile yanal mukavemet ve deformasyonun başlıca parametrelerinin hesaplanabilmesi için bazı denklemler geliştirilmiştir. Parametreler, dolgu duvarlı çerçevelerin ilgili elemanlarının ebatlarına, dolgu duvar ve çerçeve arasındaki temasın çeşidine ve malzemelerin mekanik özelliklerine bağlı fonksiyonlar cinsinden tarif edilmiştir.



Şekil 2-15 Dolgu Duvarın Yanal Yük Altındaki Davranış Eğrisi

İdealleştirilmiş grafikteki parametreler:

H_s ; dolgu duvarın çatlama anındaki kesme mukavemetini,

H_u ; tüm sistemin kesmeye göre taşıma gücünü,

K_i ; dolgu duvarlı çerçevenin başlangıç rijitliğini

K_e ; dolgu duvarlı çerçevenin etkili rijitliğini

K_c ; dolgu duvarlı çerçevenin, taşıma gücüne ulaştığı zamanki rijitliğini

ifade etmektedirler.

Dolgu duvarların başlangıç rijitliği, sadece elastik yer değiştirmelerin olduğu çok küçük bir bölge için geçerlidir. Çekme gerilmelerinin olduğu bölgede dolgu duvar ile çerçevenin kesiştiği yerlerdeki ilk çatlaklardan ve ayrılmalardan sonra rijitlikte azalma görülür. Bu yüzden dolgu duvarlı çerçevelerin elastik bölge dışındaki davranışını incelemek yararlıdır. Zarnic, dolgu duvarlı çerçevenin doğrusal olmayan davranışını incelerken elastik yer değiştirmelerin olduğu bölgeyi ihmal ederek, yeni bir efektif rijitlik K_e tanımlamıştır. Dolgu duvarlı çerçevenin bu efektif yatay rijitliği, kolonlardan ve dolgu duvarından oluşan perde duvarın, yatay rijitliği gibi modellenmiştir. Bu değer, küçük çatlakların duvar boyunca yayıldığı andaki kayma modülü G_p 'nin bir fonksiyonudur. Dolgu duvarları üzerinde yapılan deneyler sonucunda kayma modülü (2.2) eşitliğindeki gibi tarif edilmiştir. Zarnic, dolgu duvar kayma modülü başlangıç değerinin, elastisite modülünün % 6-12'si kadar olduğunu gözlemlemiştir. Aşağıda verilecek olan eşitliklerde kesit alanı A , atalet momenti L , elastisite modülü E , kayma modülü G olarak temsil edilmiş olup, f indisi değerlerin çerçeveye, p indisi duvar panellerine ağıtlığı göstermektedir.

$$G_p = \frac{1.2}{\frac{A_g}{h_p \cdot K_{ep}} \cdot \frac{1}{E_p} \cdot \left(\frac{h_p}{I_p} \right)^2} \quad (2.2)$$

Bu eşitlikte K_{ep} değeri dolgu duvarlı çerçeve kayma dayanımının %30'una ulaşıldığı anda dolgu duvarın rijitliğine karşı gelmektedir.

$$K_e = \frac{1}{\frac{h_p^3}{3 \cdot E_p \cdot I_{ep}} + \frac{1.2 \cdot h_p}{G_p \cdot A_e}} \quad (2.3)$$

$$A_e = A_p + 2 \cdot C_E \cdot A_f \cdot \frac{G_f}{G_p} \quad (2.4)$$

$$I_e = I_p + 2.C_E \cdot \frac{E_f}{E_p} (I_f) + A_f \left(\frac{h_c + I_p}{4} \right)^2 \quad (2.5)$$

(2.4) ve (2.5) eşitliklerindeki C_E katsayısı ; dolgu duvarlı çerçevenin, rijitliğe olan katkısını belirtmektedir. C_E katsayısı, çerçeve ile dolgu duvar arasında tam bir bağlantı sağlandığında 1, dolgu duvar ile çerçeve arasında boşluk olduğunda 0 olarak kabul edilmiştir.

Modelleme için eşdeğer sanal çubuğun özelliklerinin dolgu duvar davranışını iyi bir şekilde yansıtacak biçimde belirlenmesi gerekmektedir. Yapı sistemlerinin analizinde eşdeğer sanal çubuğun tanımlanması için gerekli, olan parametreler aşağıda verilmiştir:

d : Eşdeğer sanal çubuk uzunluğu

t : Eşdeğer sanal çubuk kalınlığı

w : Eşdeğer sanal çubuk genişliği

E_m : Eşdeğer sanal çubuk elastisite modülü

R : Eşdeğer sanal çubuk taşıma kapasitesi

h : Dolgu duvar çerçeve yüksekliği

l : Dolgu duvar çerçeve genişliği olmak üzere eşdeğer sanal çubuğun uzunluğu

$$d = \sqrt{h^2 + l^2} \quad (2.6)$$

Bağıntısıyla hesaplanabilir. Eşdeğer sanal çubuk alanı,

$$F = t \cdot w \quad (2.7)$$

bağıntısıyla hesaplanabilmektedir.

Dolgu duvar kalınlığı olan t değeri eşdeğer sanal çubuk kalınlığı olarak kabul edilmektedir. Eşdeğer sanal çubuğun genişliği olan w değeri çapraz basınç bölgesinin genişliğini belirtmektedir ve parametrik ifadelere bağlı olarak hesaplanmaktadır.

Dolgu duvarı temsil eden eşdeğer sanal çubukların mekanik özellikleri farklı araştırmacılar tarafından incelenmiştir.

Mainstone, eşdeğer sanal çubuğun genişliğini (2.8) bağıntısında ' λh ' parametresine bağlı olarak ifade etmiştir. λ değeri (2.9) bağıntısında verilmiştir.

$$w = 0,175 \cdot (\lambda h)^{-0,4} \cdot \sqrt{h'^2 + l'^2} \quad (2.8)$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{E_m \cdot t \cdot \sin 2\theta}{4 \cdot E_c \cdot I_c \cdot h'}} \quad (2.9)$$

bu bağıntılarda,

h' : dolgu duvar yüksekliğine,

l' : dolgu duvar genişliğine,

t : dolgu duvar kalınlığına,

θ : eşdeğer sanal çubuğun yatayla yaptığı açıya,

E_m : eşdeğer sanal çubuğun elastisite modülüne,

E_c : kolon elastisite modülüne,

I_c : kolon atalet momentine,

h : kolonun yüksekliğine

karşı gelmektedir.

(2.8) ve (2.9) bağıntılarına göre eşdeğer sanal çubuk genişliği kolon rijitliği, dolgu duvar yüksekliği ile doğru; dolgu duvar genişliği, kalınlığı ve elastisite modülü ile ters orantılıdır.

Paulay ve Priestley, eşdeğer sanal çubuk genişliği için dolgu duvarı temsilen rijit bir değer verecek şekilde,

$$w = 0,25 d \quad (2.10)$$

bağıntının kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Eşdeğer sanal çubuk uzunluğu olan d ifadesi (2.6) bağıntısında verilmiştir.

Dolgu duvar davranışının çerçeve sistemlere etkisinde, duvarın rijitliğini etkileyen dolgu duvar elastisite modülünün önemi büyüktür.

Madan ve diğerleri, dolgu duvar gerilme şekil değiştirme ilişkisi için (2.11) bağıntısının kullanılabileceğini önermişlerdir. Bu bağıntıda yer alan r parametresi (2.12) bağıntısıyla verilmiştir. E_m değeri dolgu duvar başlangıç elastisite modülüdür. f_m değeri herhangi bir ε_m şekil değiştirmesine karşı gelen basınç gerilmesidir. ε'_m değeri dolgu duvar basınç dayanımına karşı gelen şekil değiştirmedir.

$$f_m = \frac{f'_m \cdot \varepsilon_m \cdot r}{r - 1 + \varepsilon'_m} \quad (2.11)$$

$$r = \frac{E_m}{E_m - \frac{f'_m}{\varepsilon'_m}} \quad (2.12)$$

Dolgu duvarı temsil eden eşdeğer sanal çubuk taşıma kapasitesi için duvarın göçme şekillerine göre farklı bağıntılar önerilmiştir.

Paulay ve Priestley, dolgu duvarın kayma kırılması durumu için eşdeğer sanal çubuğun basınç yükü taşıma kapasitesinin (R_s), kayma sürtünme gerilmesi (τ_0) ve

dolgu duvarın yükseklik / genişlik oranına bağlı olacağını belirtmişler ve bu kırılma şekli için eşdeğer sanal çubuk basınç kapasitesinin (2.13) bağıntısıyla vermişlerdir. Bu bağıntıdaki kayma sürtünme gerilmesi (τ_0) değeri için (2.14) bağıntısı önerilmiştir.

$$R_s = \frac{\tau_0}{1 - 0,3(h/l)} \cdot d \cdot t \quad (2.13)$$

$$\tau_0 = 0,03 f'_m \quad (2.14)$$

Dolgu duvarın basınç kırılması göçme durumu için eşdeğer sanal çubuk basınç yükü taşıma kapasitesi (R_{cd}), (2.15) bağıntısıyla verilmiştir. Bu bağıntıda z dolgu duvarla çerçevenin yatayda temas ettiği mesafeyi belirtmektedir ve (2.16) ifadesiyle hesaplanabilmektedir.

$$R_{cd} = \frac{2}{3} \cdot z \cdot t \cdot f'_m \cdot \sec \theta \quad (2.15)$$

$$z = \frac{\pi}{2} \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E_c \cdot I_c \cdot h'}{E_m \cdot t \cdot \sin 2\theta}} \quad (2.16)$$

3. ÖRNEK BETONARME BİNA

3.1 Bina Tanıtımı

İnceleme konusu olan bina; Yalova'da 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde orta derecede hasar görmüş ve daha sonrada güçlendirilmiş 6 katlı çerçevelerden oluşan bir yapıdır. Yapılan güçlendirilme projelerinden ve hazırlanan raporlardan yararlanılarak hesaplar yapılmıştır.

Bina zemin ve 5 normal kattan oluşmaktadır. Binanın taşıyıcı sistemi simetrik olup, taşıyıcı sistem kolon, kiriş ve normal döşemeden oluşmaktadır. Taşıyıcı sistemi oluşturan çerçeveler süreklilik göstermektedir. Döşeme kalınlıkları 12 cm'dir. Kiriş boyutları tüm katlarda 25/60 olarak verilmiştir. Kolon boyutları tüm katlarda aynı olup 30/60, 30/65 ve 20/140'lık kolonlar kullanılmıştır. Kat yükseklikleri döşeme üstünden döşeme üstüne, zemin kat hariç 2,8 m yükseklikte olup zemin kat yüksekliği 4.2 m'dir. Statik ve betonarme hesaplarda güçlendirme öncesi yapıda ; yapı malzemesi kalitesi olarak C8 betonu ve beton çeliği sınıfı olarak S220 kullanılmıştır. Güçlendirme öncesi yapıya ait zemin kat kalıp planı Şekil 3.1'de verilmiştir.

Taşıyıcı sistemde yapı davranışını olumsuz yönde etkileyebilecek, hesap öncesi görülebilecek türden planda ve düşey düzlemde düzensizlik durumları bulunmamaktadır. Güçlendirme çalışmaları için hazırlanan rapordan, binanın 17 Ağustos 1999 depremi ve sonrasında yerinde incelendiği ve 1975 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilen binada yapısal ve yapısal olmayan kılcal çatlakların mevcut bulunduğu anlaşılmıştır. Ayrıca korozyona maruz kalmış kolon ve kirişler mevcuttur. Binanın beton kalitesi, deprem bölgelerinde kullanılabilecek olanın altındadır.

Güçlendirme amacıyla yapıya, Şekil 3.2 de verilen zemin kat kalıp planında görüldüğü üzere, binanın her iki doğrultusunda dörder adet olmak üzere toplam 8 adet betonarme perde ilave edilmiştir. Yapıya eklenen x-x ve y-y yönlerindeki betonarme perdelerin genişlikleri 250 mm olup, kullanılan malzeme C30 betonu ve S420 çeliğidir.

İnceleme konusu olan binada, duvarlar iki ucu mafsallı çubuk eleman olarak temsil edilmiştir. Binanın dış akslarında büyük pencere boşlukları olduğundan dolayı bu

akslarda bulunan duvarlar ihmal edilmiştir. İç akslarda duvarlar boşluksuz olarak kabul edilmiştir. Duvarların boşluklu olma durumu ayrıca incelenmiştir.

Duvarlar düşey boşluklu tuğla olarak kabul edilmiştir. Yapılan analizlerde kullanılan eşdeğer sanal çubuklarda, kalınlar $t=130$ mm (boşluklu tuğla kalınlığı), genişlik $w=0,25d$ ve uzunluk köşegen uzunluğu(d) olarak kabul edilmiştir. Duvarların elastisite modülü;

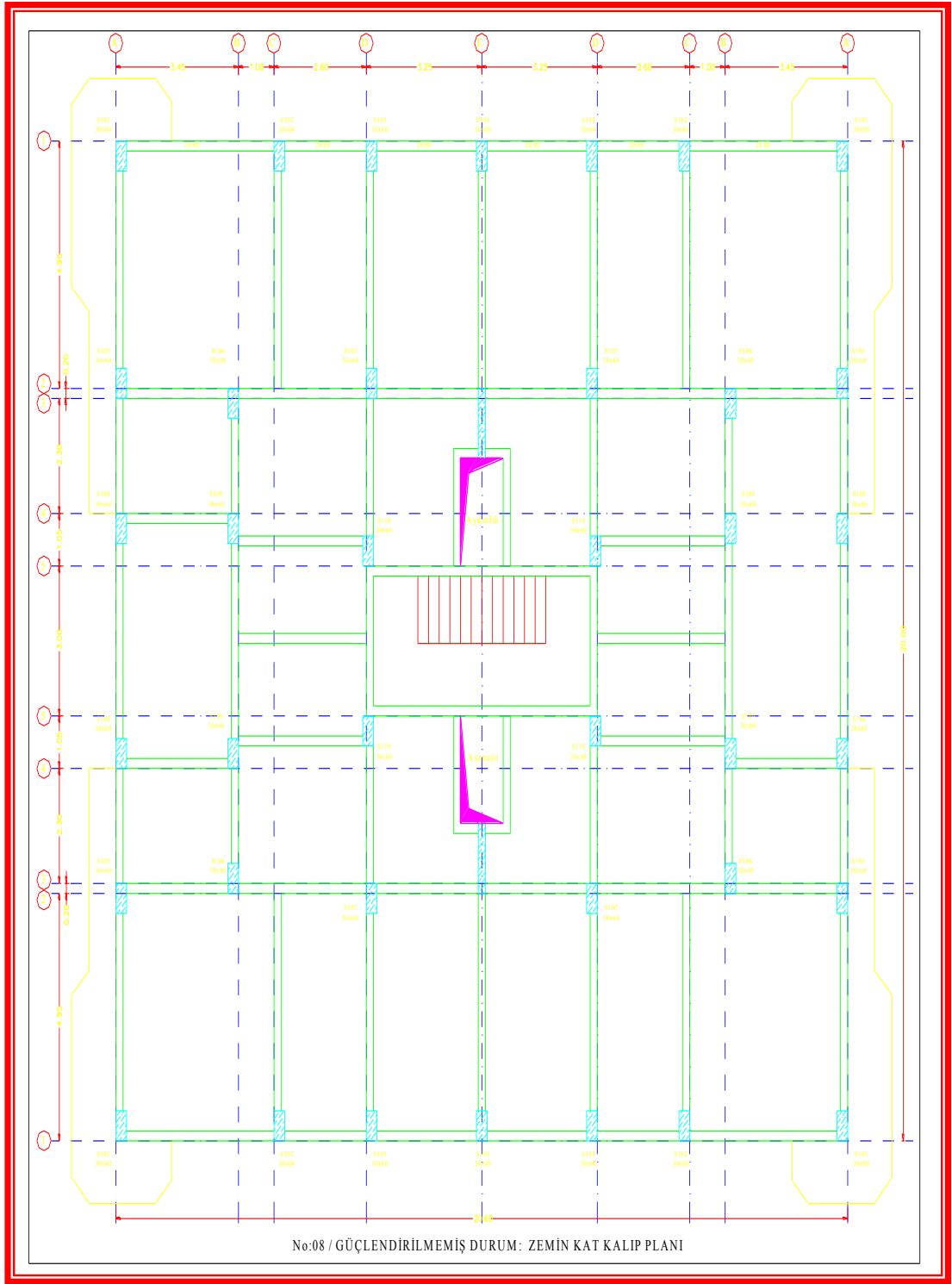
$$E = 3250 \cdot (f_{ck})^{0,5} + 14000 \quad (3.1)$$

bağıntısına göre hesaplanmıştır.

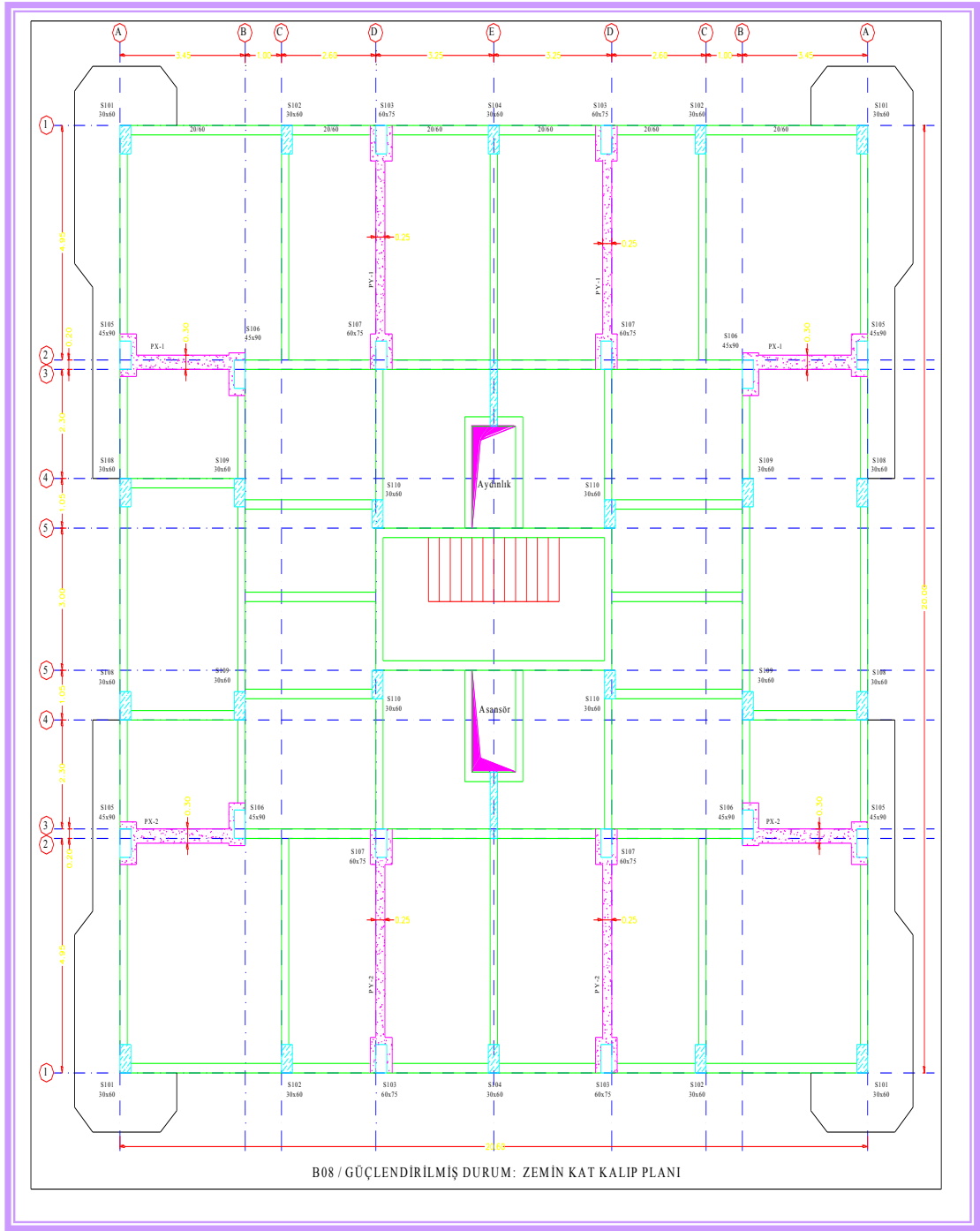
Bina ile ilgili olarak güçlendirme öncesi ve sonrası genel bilgileri Tablo3.1' de verilmiştir.

Tablo3.1. Binanın Mimari ve Malzeme Özellikleri

No	Açıklamalar		Bilgileri					
1	Adresi		Yalova-Belediye Blokları / C					
2	Kat Adedi		Zemin + 5 Normal Kat					
3	Bina Toplam Alanı (m ²)		412					
4	Zemin Durumu		Z3					
5	Beton Kalitesi (Mpa)	Mevcut Beton	C8					
		Yeni Beton	C30					
6	Elastisite Modülü (Mpa)	Mevcut Beton	23192					
		Yeni Beton	32000					
		Duvar	3000					
7	Duvar Basınç Dayanımı f _m (Mpa)		1.5					
8	Kat Ağırlıkları (kN)		Zemin	1.Kat	2.Kat	3.Kat	4.Kat	5.Kat
			3500	4500	4500	4500	4500	5500
9	Kat Yükseklikleri (m)		4.2	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
10	Tabandan Yükseklikleri (m)		4.2	7.0	9.8	12.6	15.4	18.2



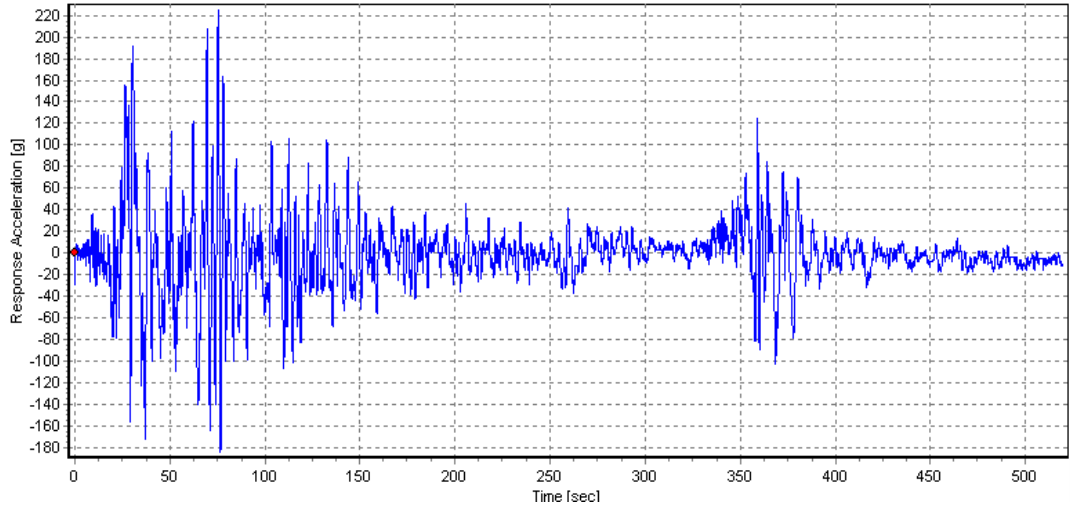
Şekil 3-1. Örnek B08 Binasının Güçlendirme Öncesi Zemin Kat Kalıp Planı



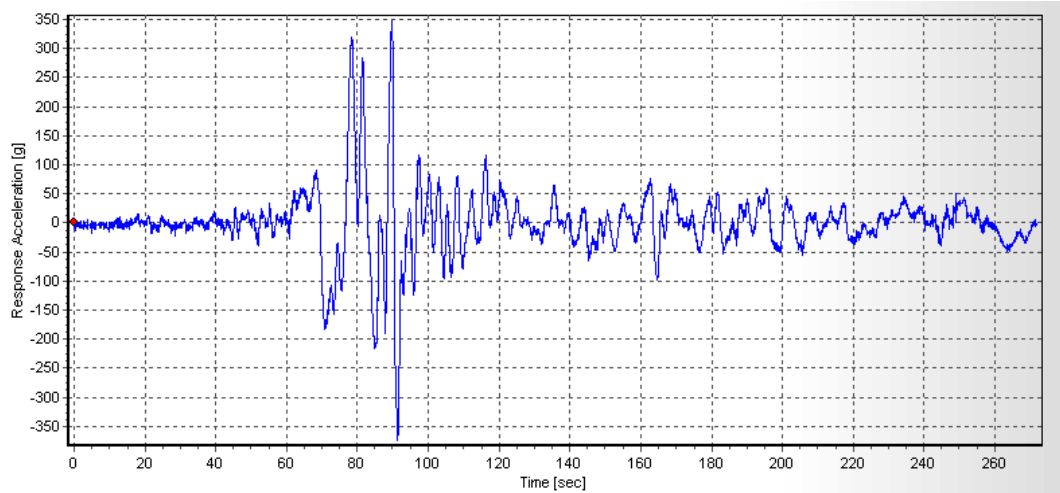
Şekil 3.2. Örnek B08 Binasının Güçlendirme Sonrası Zemin Kat Kalıp Planı

3.2 Kullanılan İvme Kayıtları

Genel olarak yetersiz çerçevelerden oluşan ve beton kalitesi oldukça düşük olan B08 yapısı depreme karşı dayanıksız bir yapıdır. Bu yapının depreme karşı direncinde duvarların katkısının araştırıldığı bu çalışmada, duvarlı çerçeve sistemler üzerinde Zaman Tanım Alanında çözüm yaparken, yapının zayıf olduğu x-x doğrultusunda yapıya, 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi, İzmit kaydının D-B bileşeni ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremi, Düzce kaydının D-B bileşeni ivme kayıt değerlerini yüklemek suretiyle analiz yapılmıştır. Bu iki deprem ivme kayıtlarının ivme- zaman grafikleri Şekil 3-3 ve Şekil 3-4 de verilmiştir.



Şekil 3-3 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi, İzmit D-B Bileşeni İvme Kaydı



Şekil 3-4 12 Kasım 1999 Düzce Depremi, Düzce D-B Bileşeni İvme Kaydı

4. ANALİZLER

4.1 Giriş

Yapılan analizlerde SAP 2000 Advanced 9.0.3 Structural Analysis Program kullanılmıştır.

SAP 2000 analiz programı kullanılarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Aralığında Hesap Yöntemi ile analizler yapılmıştır.

Tüm analizlerde:

- Çerçeve taşıyıcı sistemin üç boyutlu modeli döşemeler için rijit diyafram kabulü yapılarak kurulmuştur.
- Kat kütlelerinin katların geometrik ve rijitlik merkezine etkidığı varsayılmıştır.
- Katlara etkiyen kuvvetler $\pm$ %5 dış merkezlik etkisi gözönüne alınarak etkitilmiştir.

Analiz modelleri, taşıyıcı sistemi ve yapıdaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanları gerçekçi ve yakın bir şekilde temsil edecek bir şekilde üç boyutlu olarak oluşturuldu.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde, S(T) spektral ivme katsayısı hesaplanırken, 1. mod titreşim periyodunun değeri Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 6.7.4.2 maddesindeki $T_1 \equiv T_{1A} = 0,07 \times H_N^{3/4}$ ifadesinden değil, SAP 2000 programının hesapladığı 1. mod titreşim periyodundan hesaplanmıştır. Analizi yapılan yapı x-x doğrultusunda zayıf olduğundan, katlara etkiyen kuvvetler x-x doğrultusunda etkitilmiş, y-y doğrultusunda ise bu kuvvetlerin % 30'u etkitilmiştir.

Mod Birleştirme Yönteminde kuvvetler ABYYHY 98 Yönetmeliği'nde tanımlanmış olan elastik ivme spektrum eğrisi kullanılarak elde edilmiştir.

Zaman Tanım Aralığında Hesap Yöntemi'nde, ivme kaydı olarak 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminin İzmit kaydının doğu-batı bileşeni ve maksimum genliği daha büyük olan 12 Kasım 1999 Düzce depremi, Düzce doğu-batı bileşeni kullanılmıştır.

4.2 Çözümü Yapılan Sistemler ve Çözümleme Sonuçları

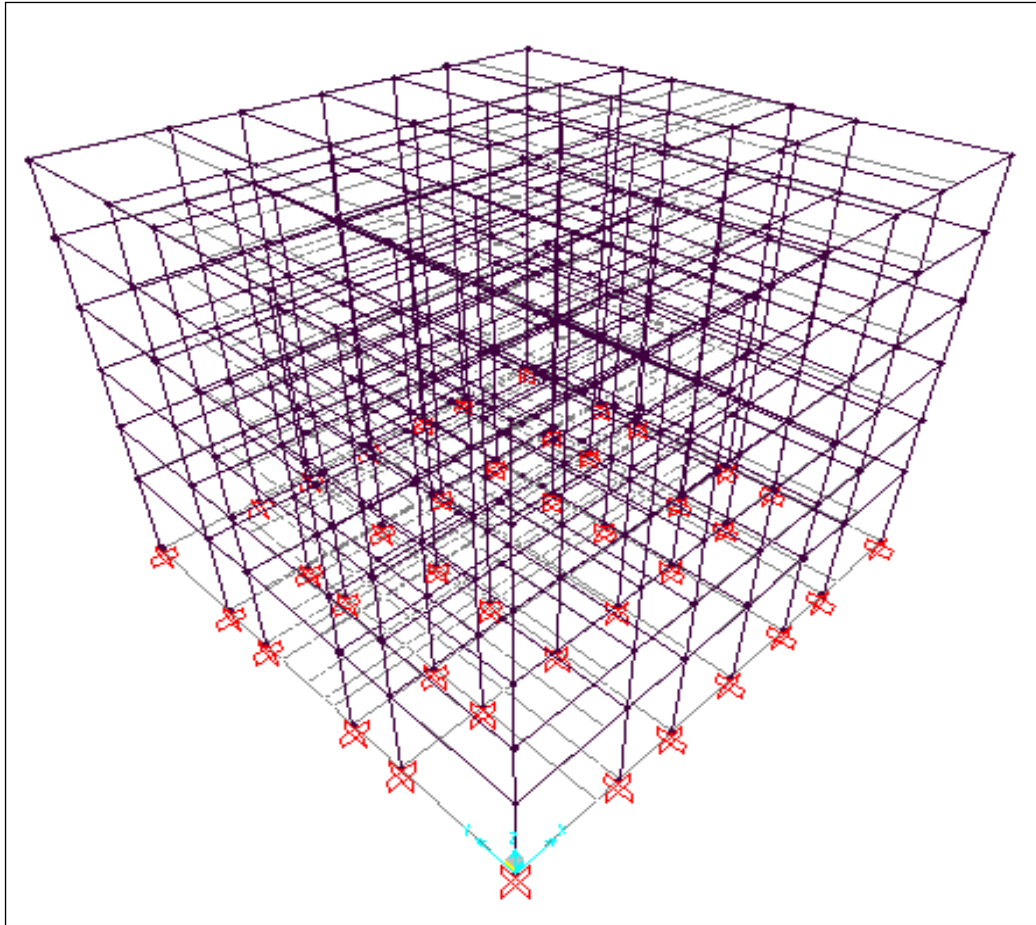
Bu çalışmada,

- Dolgu Duvarsız Çerçevelerden Oluşan Sistem
- Dolgu Duvarsız Perde-Çerçevesi Sistem
- Dolgu Duvarlı Çerçevelerden Oluşan Sistem
- Zemin Kat Dolgu Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem
- Boşluklu ve Boşluksuz Dolgu Duvarlı Çerçeve

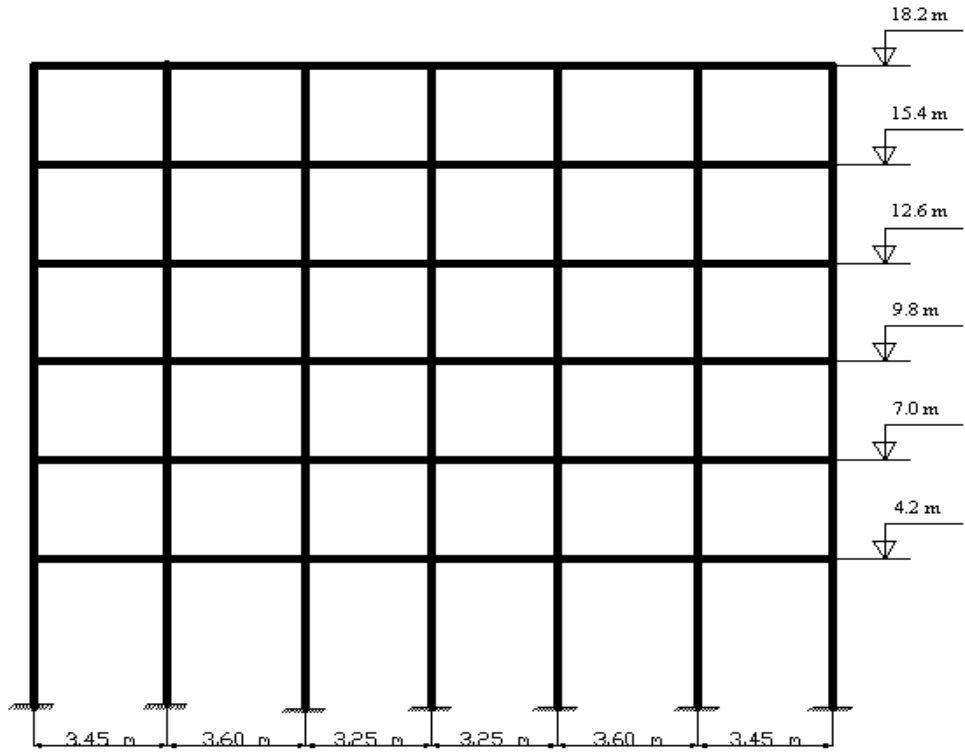
olmak üzere beş ayrı analiz yapılmış ve analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

4.2.1 Dolgu Duvarsız Çerçevelerden Oluşan Sistem

Sistemin üç boyutlu ve kesit görünüşü Şekil 4-1 ve Şekil 4-2 de verilmiştir.



Şekil 4-1 Dolgu Duvarsız Sistemin Üç Boyutlu Modeli



Şekil 4-2 Dolgu Duvarsız Çerçeve Sistemin (2-2 Aksı) Enkesit Görünüşü

ABYYHY 1998’de verilen ‘Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’ne göre bulunan taban kesme kuvveti ve katlara dağılımı Tablo 4-1 ve Tablo 4-2’de verilmiştir.

Tablo 4-1 Dolgu Duvarsız Çerçeve Sistem Taban Kesme Kuvveti

Ao	1.derece deprem bölgesi	0,40
I	Belediye binası	1,50
S(T)	Z3 zemin sınıfı	1,61
A(T)	Ao.I.S(T)	0,97
R(T)	Sünek	6
ΣW	Yapı Ağırlığı (kN)	27000
Vt	Taban Kesme Kuvveti (kN)	4345,65

$$F_i = V_t \cdot \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i}$$

Tablo 4-2 Dolgu Duvarsız Çeçeve Sistem Taban Kesme Kuvvetinin Katlara Dağılımı

Kat	Vt (kN)	Wi (kN)	Hi (m)	Wi*Hi (kNm)	Fi (kN)
Zemin	4345,647	3500	4,2	14700	201,90
1	4345,647	4500	7,0	31500	432,64
2	4345,647	4500	9,8	44100	605,70
3	4345,647	4500	12,6	56700	778,76
4	4345,647	4500	15,4	69300	951,81
5	4345,647	5500	18,2	100100	1374,84
				ΣFi :	4345,65

Sistemin 1. Mod titreşim periyodu **T=1.04 s** olarak bulunmuştur.

Duvarsız çerçeve sistemde (çıplak çerçeve) 1.Mod titreşim periyodu hesaplanarak ‘Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’ ile analizler yapılmış ve kat rijitlikleri elde edilmiştir.

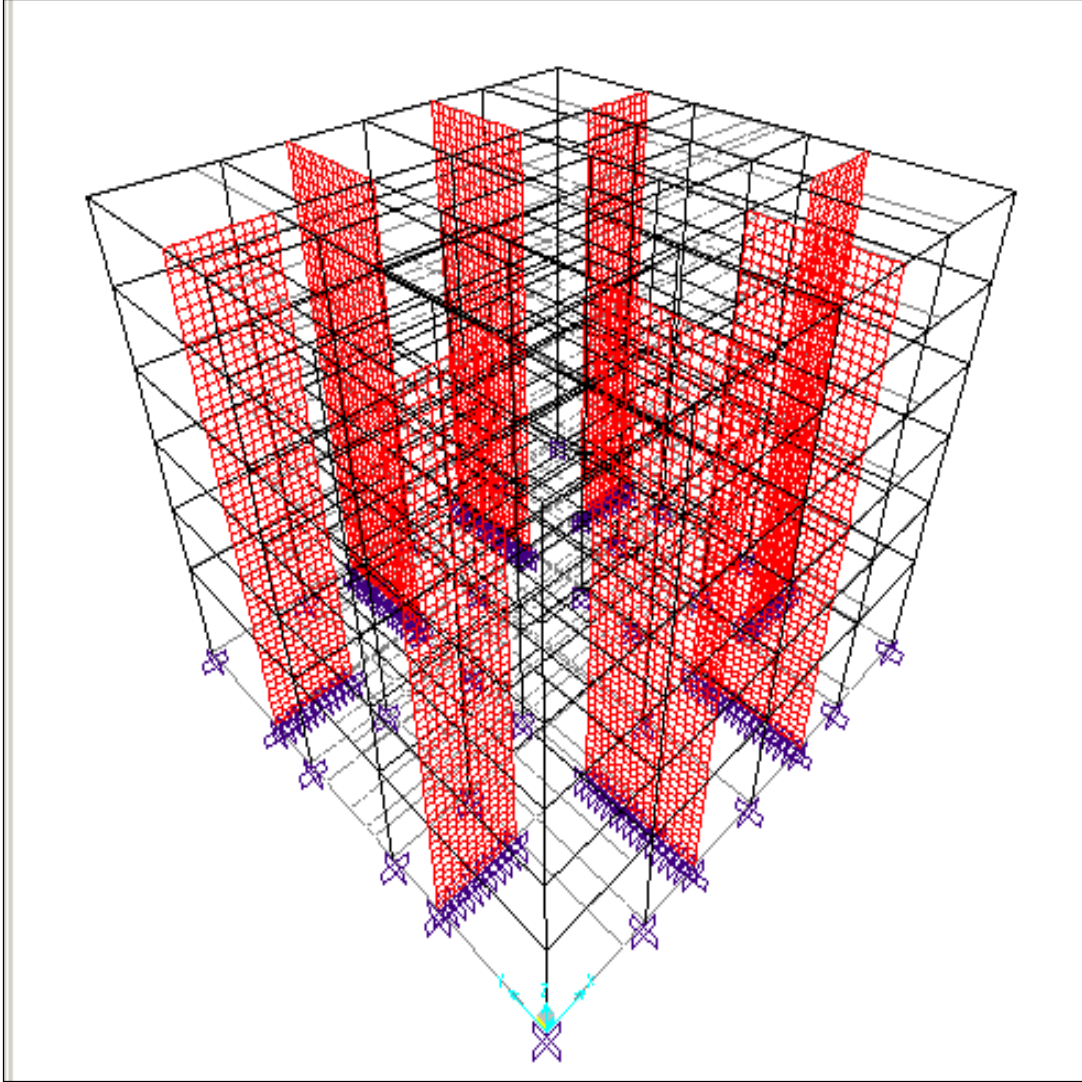
Elde edilen kat rijitlikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4-3 Dolgu Duvarsız Çeçeve Sistem Kat Rijitlikleri

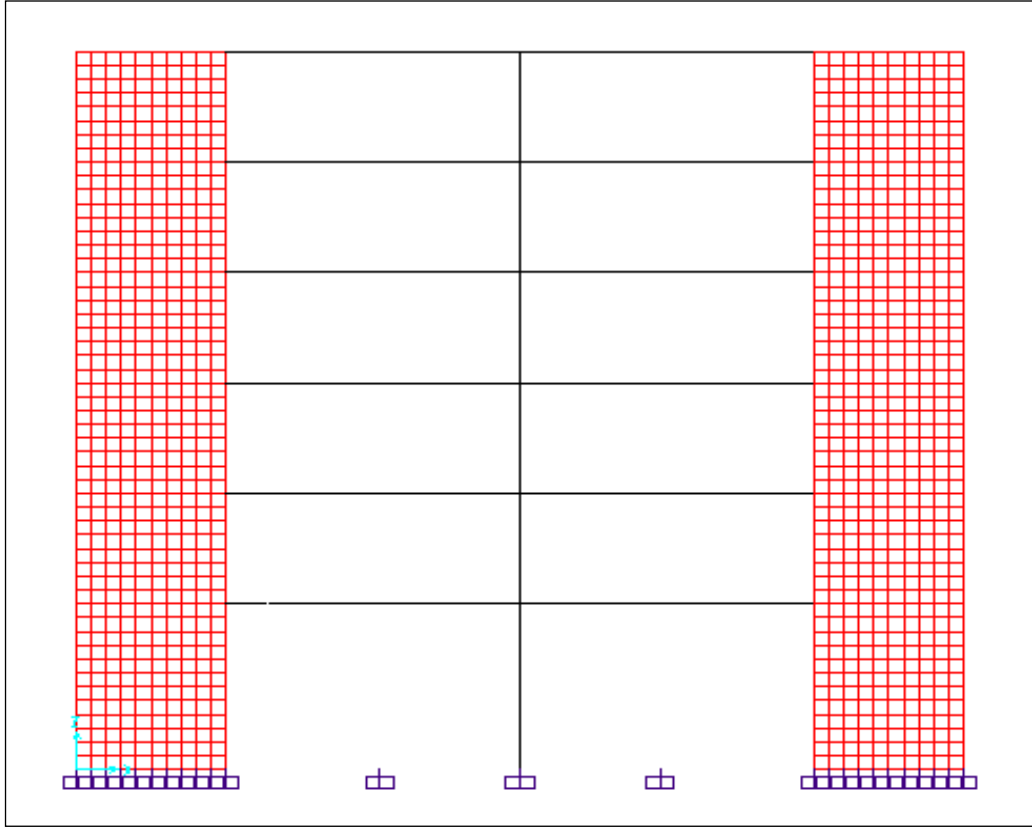
Kat No	Kat Kesme Kuvvetleri (N)	Yer Değişirmeler (mm)	Görelî Kat Ötelemeleri (mm)	Rijitlikler (N/mm)
ZEMİN	4345650	24,315000	56,80	76509
1	4143750	33,520000	9,21	450163
2	3711110	41,578000	8,06	460550
3	3105410	48,400000	6,82	455205
4	2326650	53,604000	5,20	447089
5	1374840	56,799000	3,20	430310

4.2.2 Perde-Çerçeve Sistem

Sistemin üç boyutlu ve kesit görünüşü Şekil 4-3 ve Şekil 4-4 de gösterilmiştir.



Şekil 4-3 Perde-Çerçeve Sistemin Üç Boyutlu Modeli



Şekil 4-4 Perde- Çerçeve Sistemin (2-2 Aksı) Enkesit Görünüşü

Bu sistemde 4 adet x-x doğrultusunda ve 4 adet y-y doğrultusunda olmak üzere toplam 8 adet perde bulunmaktadır. Perdelerin bulunduğu bölgedeki mevcut kolon ve kirişler kaldırılmış ve perdeler sonlu eleman olarak tanımlanmıştır.

ABYYHY 1998’de verilen ‘Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’ne göre bulunan taban kesme kuvveti ve katlara dağılımı Tablo 4-4 ve Tablo 4-5’de verilmiştir

Taban kesme kuvveti bulunurken, sistemde betonarme perdelerden dolayı oluşan ek ağırlıklar göz önüne alınmıştır.

Taşıyıcı sistem katsayısı (R), perdeli çerçeve olduğu için 5 olarak alınmıştır.

Tablo 4-4 Perde-Çerçeve Sistem Taban Kesme Kuvveti

Ao	1,derece deprem bölgesi	0,40
I	Belediye binası	1,50
S(T)	Z3 zemin sınıfı	2,39
A(T)	$Ao \cdot I \cdot S(T)$	1,44
R(T)	Sünek	5,00
ΣW	Yapı Ağırlığı (kN)	27386,75
Vt	Taban Kesme Kuvveti (kN)	7870,94

Tablo 4-5 Perde-Çeçeve Sistem Taban Kesme Kuvvetinin Katlara Dağılımı

Kat	Vt (kN)	Wi (kN)	Hi (m)	Wi*Hi (kNm)	Fi (kN)
Zemin	7870,944	3500	4,2	14700	365,69
1	7870,944	4500	7,0	31500	783,61
2	7870,944	4500	9,8	44100	1097,06
3	7870,944	4500	12,6	56700	1410,50
4	7870,944	4500	15,4	69300	1723,95
5	7870,944	5500	18,2	100100	2490,14
				ΣFi :	7870,94

Sistemin 1. Mod titreşim periyodu **T=0.63** s olarak bulunmuştur.

Perde-Çerçeve sistemde 1.Mod titreşim periyodu hesaplanarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile analizler yapılmış ve kat rijitlikleri elde edilmiştir.

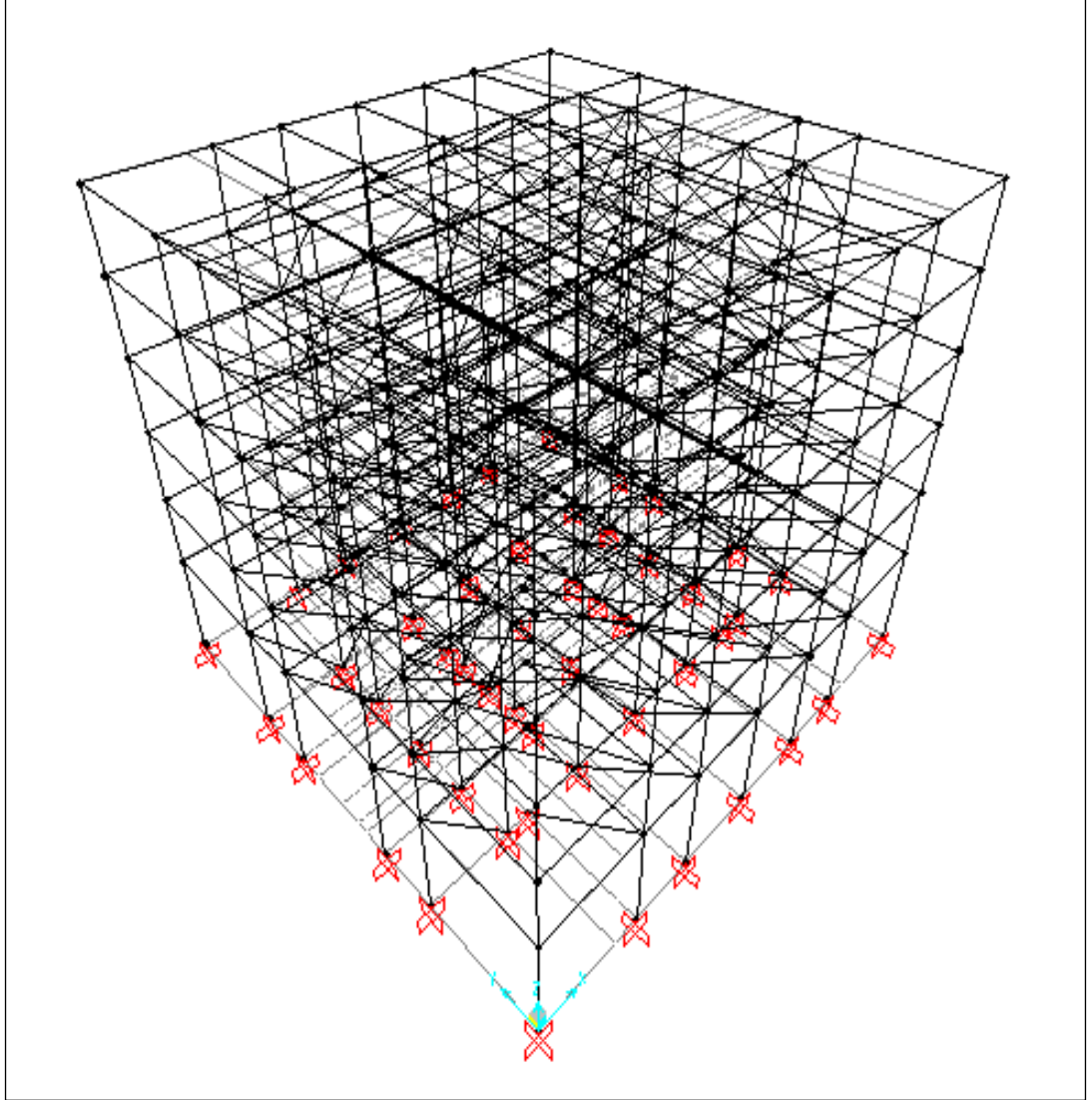
Elde edilen kat rijitlikleri aşağıdaki Tablo 4-6 da verilmiştir.

Tablo 4-6 Perde-Çeçeve Sistem Kat Rijitlikleri

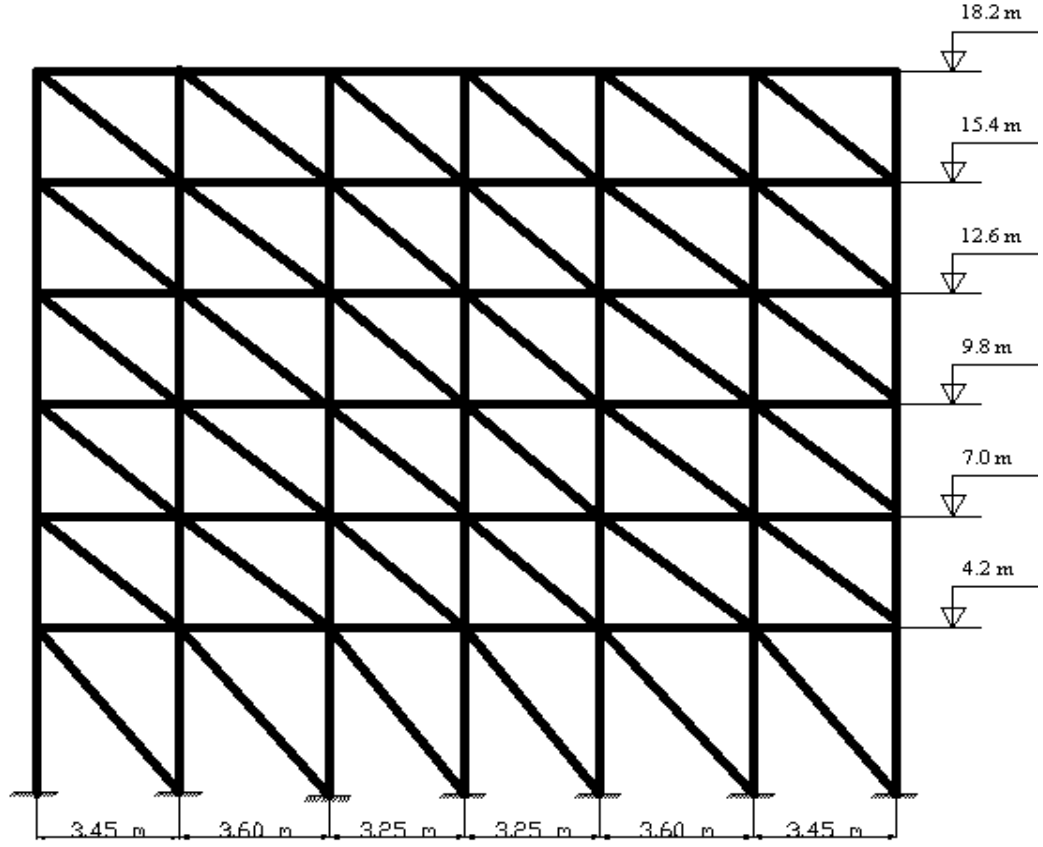
Kat No	Kat Kesme Kuvvetleri (N)	Yer Değıştirmeler (mm)	Görelî Kat Ötelemeleri (mm)	Rijitlikler (N/mm)
ZEMİN	7870950	4,70	4,70	1675740
1	7505260	10,71	6,01	1248172
2	6721650	17,86	7,15	939565
3	5624590	25,45	7,59	741346
4	4214090	33,00	7,55	558158
5	2490140	40,30	7,29	341396

4.2.3 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem

Sistemin üç boyutlu ve kesit görünüşü Şekil 4_5 ve Şekil 4_6 de gösterilmiştir.



Şekil 4-5 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistemin Üç Boyutlu Modeli



Şekil 4-6 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistemin (2-2 Aksı) Enkesit Görünüşü

Bu sistemde duvarlar, eşdeğer sanal çubuk modeliyle tasarlanmıştır. Kat yükseklikleri ve çerçeve açıklıkları farklı olduğundan dolayı farklı boyutlarda sanal çubuklar oluşmaktadır. Oluşan sanal çubukların boyutları, her iki doğrultu için aşağıda Tablo 4-7 ve Tablo 4-8 de verilmiştir.

Tablo 4-7 x-x Doğrultusunda Oluşan Duvar Boyutları

X DOĞRULTUSU			
	DUVAR İSMİ	GENİŞLİK (m)	KALINLIK (m)
ZEMİN KAT	D1	1,36	0,13
	D2	1,38	0,13
	D3	1,33	0,13
NORMAL KATLAR	D11	1,11	0,13
	D12	1,14	0,13
	D13	1,07	0,13

Tablo 4-8 y-y Doğrultusunda Oluşan Duvar Boyutları

Y DOĞRULTUSU			
	DUVAR İSMİ	GENİŞLİK (m)	KALINLIK (m)
ZEMİN KAT	D4	1,21	0,13
	D5	1,23	0,13
	D6	1,64	0,13
	D7	1,36	0,13
	D8	1,12	0,13
NORMAL KATLAR	D14	0,92	0,13
	D15	0,95	0,13
	D16	1,44	0,13
	D17	1,11	0,13
	D18	0,79	0,13

Duvarlı sistemde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne, Mod Birleştirme Yöntemi'ne ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'ne göre analiz yapılmıştır. Programdan alınan 1. mod titreşim periyodu değeri ile hesaplanan taban kesme kuvveti ve yanal yükler Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde kullanılmış ve yapılan analiz sonucu kat rijitlikleri hesaplanmıştır. Tablo 4-9, Tablo 4-10, Tablo 4-11

Tablo 4-9 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem Taban Kesme Kuvveti

Ao	1,derece deprem bölgesi	0,4
I	Belediye binası	1,5
S(T)	Z3 zemin sınıfı	2,5
A(T)	$A_o \cdot I \cdot S(T)$	1,5
R(T)	Sünek	6
ΣW	Yapı Ağırlığı (kN)	27000
Vt	Taban Kesme Kuvveti (kN)	6750

Tablo 4-10 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sis. Taban Kesme Kuvvetinin Katlara Dağılımı

Kat	Vt (kN)	Wi (kN)	Hi (m)	Wi*Hi (kNm)	Fi (kN)
Zemin	6750	3500	4,2	14700	313,61
1	6750	4500	7,0	31500	672,01
2	6750	4500	9,8	44100	940,82
3	6750	4500	12,6	56700	1209,62
4	6750	4500	15,4	69300	1478,43
5	6750	5500	18,2	100100	2135,51
$\Sigma Fi :$				6750,00	

1.mod titreşim periyodu **T=0,51 s**'dir.

Tablo 4-11 Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem Kat Rijitlikleri

Kat No	Kat Kesme Kuvvetleri (N)	Yer Değiş-tirmeler (mm)	Görelî Kat Ötelemeleri (mm)	Rijitlikler (N/mm)
ZEMİN	6750000	6,32	6,32	1068884
1	6436390	10,04	3,72	1729283
2	6004972	13,54	3,51	1712282
3	5021685	16,67	3,13	1606425
4	3761593	19,24	2,57	1465936
5	2223643	21,08	1,84	1205880

Genellikle gevrek malzemeden yapılan dolgu duvarlar, çevrelerinde yer alan betonarme çerçeveler kadar esnek değildir. Bu nedenle depremin başlangıcından bir süre sonra çevrelerindeki çerçevenin hareketine uyum gösteremeyen duvarlarda hasarlar oluşur ve göçmeler meydana gelir.

Taşıma gücünü yitirene kadar deprem başlangıcından itibaren, sistemle beraber çalışan duvarlar, taşıma güçlerini yitirdikten sonra devre dışı kalırlar. Dolgu duvarlardaki taşıma gücü kaybı, genellikle ilk olarak alt katlarda görülmektedir. Daha sonra üst katlara doğru tüm duvarlar, yapı taşıyıcı sisteminde kalıcı hasarlar oluşmadan, taşıma güçlerini kaybederler.

Bu çalışmada, deprem sırasında yapının dinamik davranışını değiştiren dolgu duvarların etkisinin, farklı genliklere sahip olan depremlerle çözüm yapıldığında, her iki deprem için, depremin kaçınıcı saniyesine kadar sürdüğü, duvar davranışlarının nasıl değişeceği ve zayıf kat olması durumunun duvar davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Kocaeli Depremi, İzmit D-B bileşeni ivme kaydı ile çözümleme yapılmış dolgu duvarlı çerçeve sistemin, zemin kat dolgu duvarlarının tamamının ve ilk taşıma gücüne ulaşan dolgu duvarların, basınç dayanımları, üzerlerine gelen basınç yükleri ve taşıma gücünü kaybetme süreleri Tablo 4-12 ve Tablo 4-13 de verilmiştir.

Tablo 4-12 Dolgu Duvarlı Çeçeve Sistem Zemin Katında Taşıma Gücünü İlk Kaybeden Dolgu Duvarlar ve Göçme Süreleri

Eleman No	Duvar Tipi	Basınç Dayanımı (kN)	Eleman Basınç Yüğü (kN)	Göçme Zamanı (s)	Max İvme (mG)
114	D1	51,20	82,51	3,435	191,468
110	D2	49,79	81,39	3,420	191,468
94	D3	50,74	77,63	3,440	191,468
136	D3	50,74	81,29	3,440	191,468

Tablo 4-13 Dolgu Duvarlı Çeçeve Sistem Zemin Kat Dolgu Duvarlarının Taşıma Gücünü Kaybetme Süreleri

Duvar Tipi	Basınç Dayanımı (kN)	Göçme Zamanı (s)	Max İvme (mG)
D1	51,20	4,185	191,468
D2	49,79	3,495	191,468
D3	50,74	3,490	191,468

Tablo 4-14 Dolgu Duvarlı Çeçeve Sistem 1.Normal Kat Dolgu Duvarlarının Taşıma Gücünü Kaybetme Süreleri

Duvar Tipi	Basınç Dayanımı (kN)	Göçme Zamanı (s)	Max İvme (mG)
D11	40,52	4,640	191,468
D12	34,80	3,480	191,468
D13	33,84	3,455	191,468

Aynı yapı üzerinde Düzce Depremi, Düzce D-B bileşeni ivme kaydı ile çözümleme yapıldığında elde edilen sonuçlar, Tablo 4-15 ve Tablo 4-16 de verilmiştir.

Tablo 4-15 Dolgu Duvarlı Çeçeve Sistem Zemin Katta İlk Taşıma Gücünü Kaybeden Dolgu duvarlar ve Göçme Süreleri (Düzce Depremi)

Eleman No	Duvar Tipi	Basınç Dayanımı (kN)	Eleman Basınç Yüğü (kN)	Göçme Zamanı (s)	Max İvme (mG)
114	D1	51,20	183,38	7,085	206,96
123	D1	51,20	187,89	7,085	206,96
71	D2	49,79	181,88	7,085	206,96
110	D2	49,79	183,36	7,085	206,96
80	D3	50,74	174,15	7,090	206,96
94	D3	50,74	174,22	7,090	206,96

Tablo 4-16 Dolgu Duvarlı Çeçeve Sistem Zemin Kat Dolgu Duvarlarının Taşıma Gücünü Kaybetme Süreleri (Düzce Depremi)

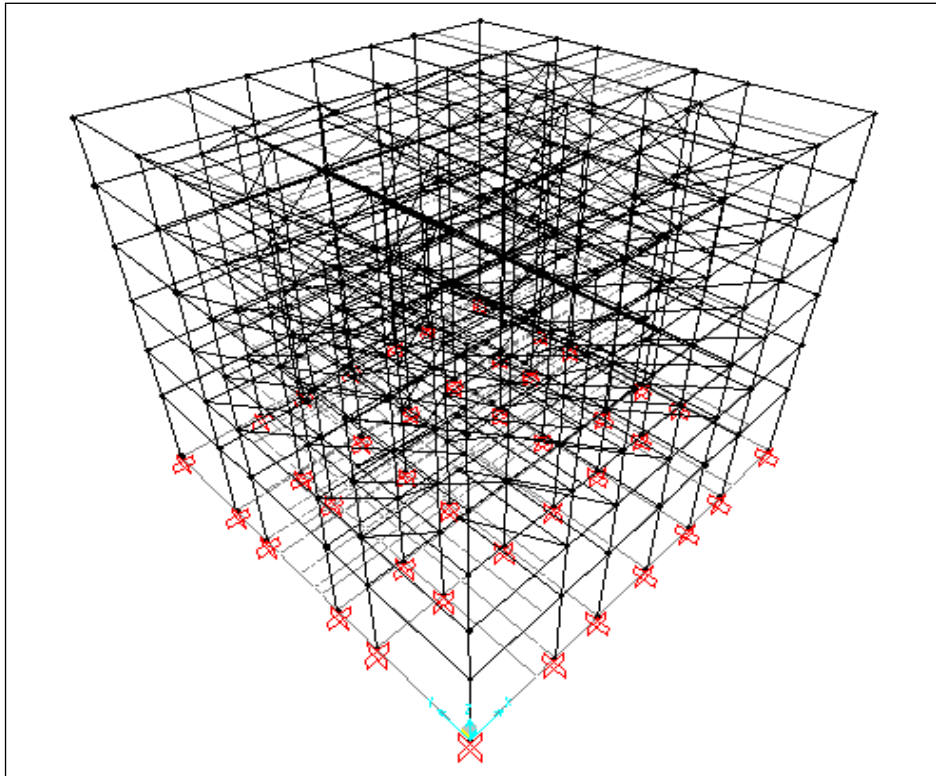
Duvar Tipi	Basınç Dayanımı (kN)	Göçme Zamanı (s)	Max İvme (mG)
D1	51,20	7,095	206,96
D2	49,79	7,095	206,96
D3	50,74	7,105	206,96

Tablo 4-17 Dolgu Duvarlı Çeçeve Sistem 1.Normal Kat Dolgu Duvarlarının Taşıma Gücünü Kaybetme Süreleri (Düzce Depremi)

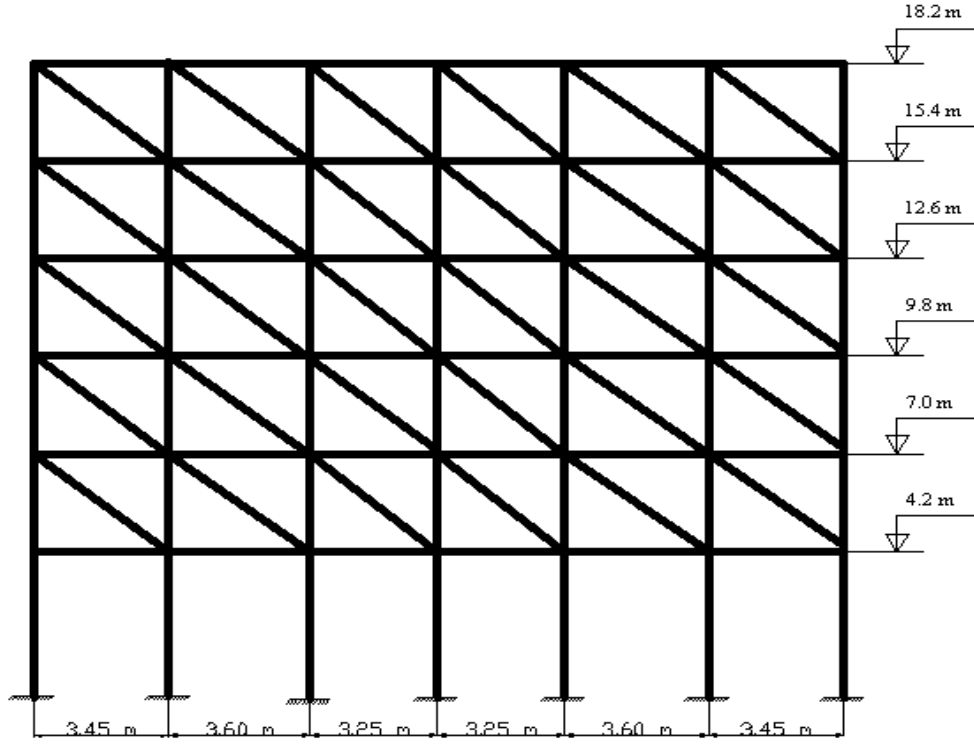
Duvar Tipi	Basınç Dayanımı (kN)	Göçme Zamanı (s)	Max İvme (mG)
D11	40,52	7,115	206,96
D12	34,80	7,105	206,96
D13	33,84	7,100	206,96

4.2.4 Zemin Kat Dolgu Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem

Sistemin üç boyutlu ve kesit görünüşü Şekil 4-7 ve Şekil 4-8 de gösterilmiştir.



Şekil 4-7 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistemin Üç Boyutlu Modeli



Şekil 4-8 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistemin (2-2 Aksı) Enkesit Görünüşü

Bu sistemde, duvarlı-çerçeve sisteminden farklı olarak zemin kat duvarları kaldırılıp çözümleneler yapılmıştır. Duvar boyutları, dolgu duvarlı-çerçeve sistem ile aynıdır.

Zemin kat duvarları kaldırılmış çerçeve sisteminde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne, Mod Birleştirme Yöntemi'ne ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'ne göre çözümleneler yapılmıştır. Programdan alınan 1. mod titreşim periyodu değeri ile hesaplanan taban kesme kuvveti ve yanal yükler Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde kullanılmış ve yapılan çözümleneler sonucu kat rijitlikleri hesaplanmıştır. Tablo 4-17, Tablo 4-18, Tablo 4-19

1. mod titreşim periyodu $T=0,85$ s'dir.

Tablo 4-18 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem Taban Kesme Kuvveti

Ao	1,derece deprem bölgesi	0,40
I	Belediye binası	1,50
S(T)	Z3 zemin sınıfı	1,90
A(T)	Ao.I.S(T)	1,14
R(T)	Sünek	6
ΣW	Yapı Ağırlığı (kN)	27000
Vt	Taban Kesme Kuvveti (kN)	5123,31

Tablo 4-19 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem Taban Kesme Kuvvetinin Katlara Dağılımı

Kat	Vt (kN)	Wi (kN)	Hi (m)	Wi*Hi (kNm)	Fi (kN)
Zemin	5123,313	3500	4,2	14700	238,03
1	5123,313	4500	7,0	31500	510,06
2	5123,313	4500	9,8	44100	714,09
3	5123,313	4500	12,6	56700	918,12
4	5123,313	4500	15,4	69300	1122,14
5	5123,313	5500	18,2	100100	1620,87
				ΣFi :	5123,31

Tablo 4-20 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem Kat Rijitlikleri

Kat No	Kat Kesme Kuvvetleri (N)	Yer Değiştirmeler (mm)	Görelî Kat Ötelemeleri (mm)	Rijitlikler (N/mm)
ZEMİN	5123310	27,86	27,86	183901
1	5087686	30,88	3,02	1682436
2	4526139	33,47	2,58	1752959
3	3791314	35,74	2,28	1663587
4	2842397	37,59	1,84	1543104
5	1680162	38,88	1,30	1297422

Kocaeli Depremi, İzmit D-B bileşeni ivme kaydı ile çözümleme yapılmış. Zemin kat dolgu duvarları kaldırılmış çerçeve sistemin, 1.normal kat dolgu duvarlarının tamamının ve ilk taşıma gücüne ulaşan dolgu duvarların, basınç dayanımları, üzerlerine gelen basınç yükleri ve taşıma gücünü kaybetme süreleri Tablo 4-20 ve Tablo 4-21 de verilmiştir.

Tablo 4-21 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem 1.Normal Katta Taşıma Gücünü İlk Kaybeden Dolgu Duvarlar ve Göçme Süreleri

Eleman No	Duvar Tipi	Basınç Dayanımı (kN)	Eleman Basınç Yükü (kN)	Göçme Zamanı (s)	Max İvme (mG)
331	D11	40,52	54,75	3,740	191,468
342	D12	34,80	60,82	3,705	191,468
344	D12	34,80	61,35	3,705	191,468
351	D13	33,84	60,65	3,725	191,468
403	D13	33,84	60,33	3,725	191,468

Tablo 4-22 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem 1.Normal Kat Dolgu Duvarlarının Taşıma Gücünü Kaybetme Süreleri

Duvar Tipi	Basınç Dayanımı (kN)	Göçme Zamanı (s)	Max İvme (mG)
D11	40,52	3,785	191,468
D12	34,80	3,750	191,468
D13	33,84	3,750	191,468

Aynı yapı üzerinde Düzce Depremi, Düzce D-B bileşeni ivme kaydı ile çözümleme yapıldığında elde edilen sonuçlar, Tablo 4-22 ve Tablo 4-23 de verilmiştir.

Tablo 4-23 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem 1.Normal Katta İlk Taşıma Gücünü Kaybeden Dolgu Duvarlar ve Göçme Süreleri (Düzce Depremi)

Eleman No	Duvar Tipi	Basınç Dayanımı (kN)	Eleman Basınç Yüğü (kN)	Göçme Zamanı (s)	Max İvme (mG)
331	D11	40,52	135,37	7,205	206,96
341	D11	40,52	127,85	7,205	206,96
342	D12	34,80	150,43	7,180	206,96
344	D12	34,80	151,76	7,180	206,96
418	D12	34,80	114,47	7,180	206,96
351	D13	33,84	150,15	7,180	206,96
428	D13	33,84	115,73	7,180	206,96
435	D13	33,84	114,41	7,180	206,96
403	D13	33,84	149,35	7,180	206,96

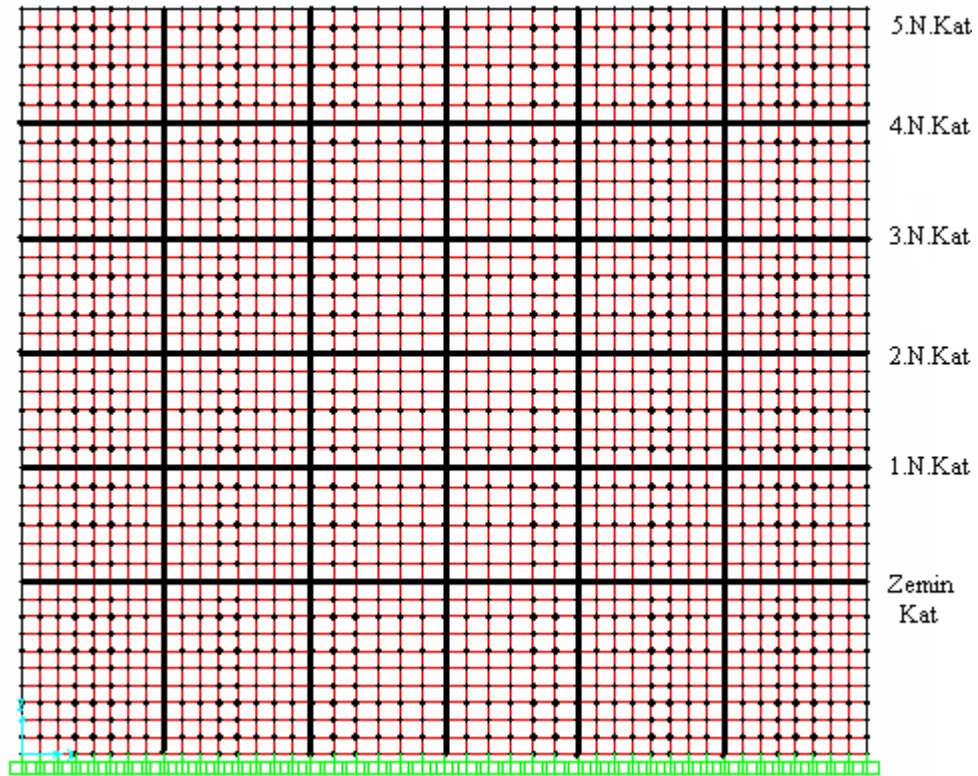
Tablo 4-24 Zemin Kat Duvarları Kaldırılmış Çerçeve Sistem 1.Normal Kat Dolgu Duvarlarının Taşıma Gücünü Kaybetme Süreleri

Duvar Tipi	Basınç Dayanımı (kN)	Göçme Zamanı (s)	Max İvme (mG)
D11	40,52	7,220	206,96
D12	34,80	7,205	206,96
D13	33,84	7,245	206,96

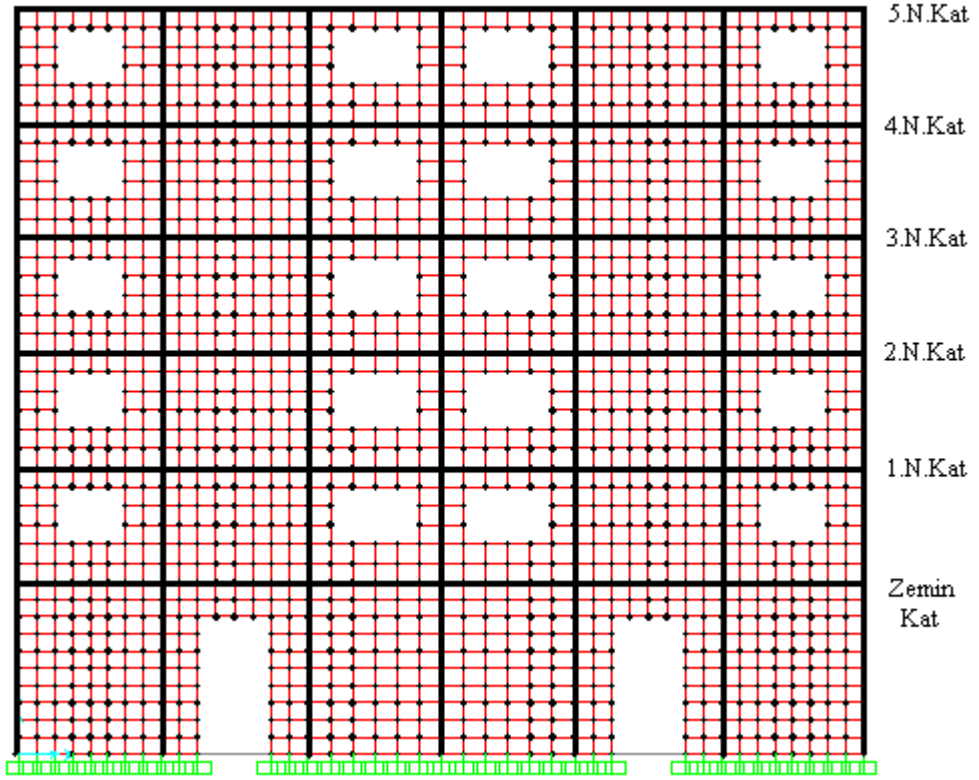
4.2.5 Boşluklu ve Boşluksuz Dolgu Duvarlı Çerçeveler

Bu sistem, duvarlarda boşluk olması durumunda kat rijitliklerindeki değişimin görülmesi için çözümlenmiştir. Çözümlemesi yapılan çerçeveler, ele alınan binanın x-x doğrultusundaki 2-2 aksında bulunan bir çerçevedir.

Boşluksuz Duvarlı Çerçevenin ve Boşluklu Duvarlı Çerçevenin en kesit görünüşleri Şekil 4-9 ve Şekil 4-10 de gösterilmiştir.



Şekil 4-9 Boşluksuz Duvarlı Çerçevenin Enkesit görünüşü (2-2 Aksı)



Şekil 4-10 Boşluklu Duvarlı Çerçevenin en kesit görünüşü (2-2 Aksı)

Boşluksuz ve boşluklu duvarlı çerçevelerin Mod titreşimleri hesaplanarak Mod Birleştirme Yöntemi ile çözümleme yapılmış, kat rijitlikleri elde edilmiştir.

Tablo 4-25 Boşluksuz Dolgu Duvarlı Çerçeve Kat Rijitlikleri

Kat No	Kat Kesme Kuvvetleri (N)	Yer Değiştirmeler (mm)	Görelî Kat Ötelemeleri (mm)	Rijitlikler (N/mm)
ZEMİN	810808	20,52	20,52	39517
1	751615	28,60	8,08	93010
2	650484	35,51	6,91	94096
3	528240	41,15	5,64	93676
4	385376	45,30	4,15	92862
5	221843	47,78	2,48	89381

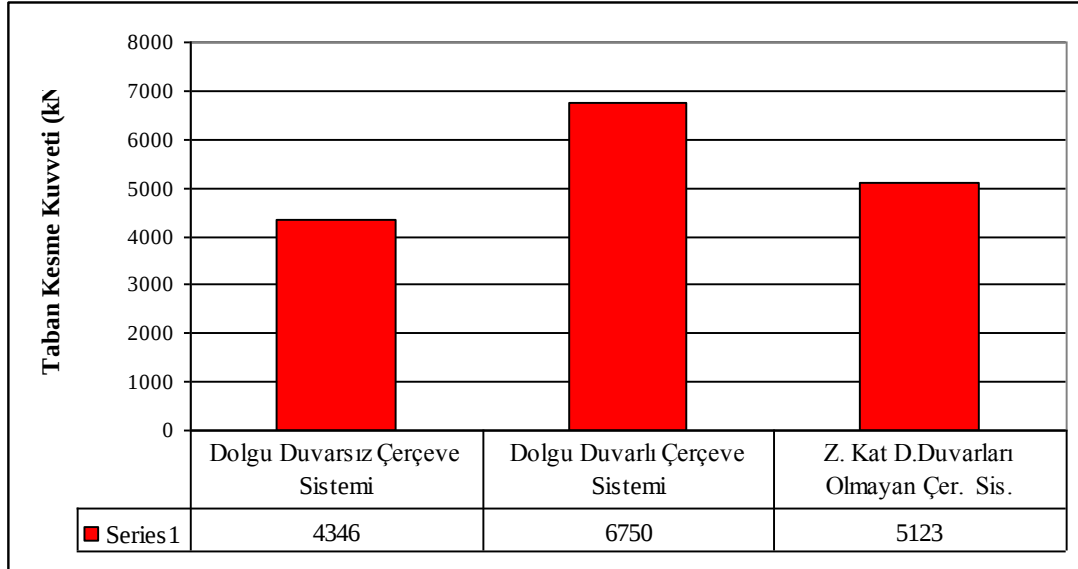
Tablo 4-26 Boşluklu Dolgu Duvarlı Çerçeve Kat Rijitlikleri

Kat No	Kat Kesme Kuvvetleri (N)	Yer Değiştirmeler (mm)	Görelî Kat Ötelemeleri (mm)	Rijitlikler (N/mm)
ZEMİN	790472	21,40	21,40	36947
1	732561	29,79	8,39	87293
2	633934	36,95	7,17	88452
3	514961	42,80	5,84	88163
4	375932	47,09	4,29	87548
5	216571	49,65	2,56	84631

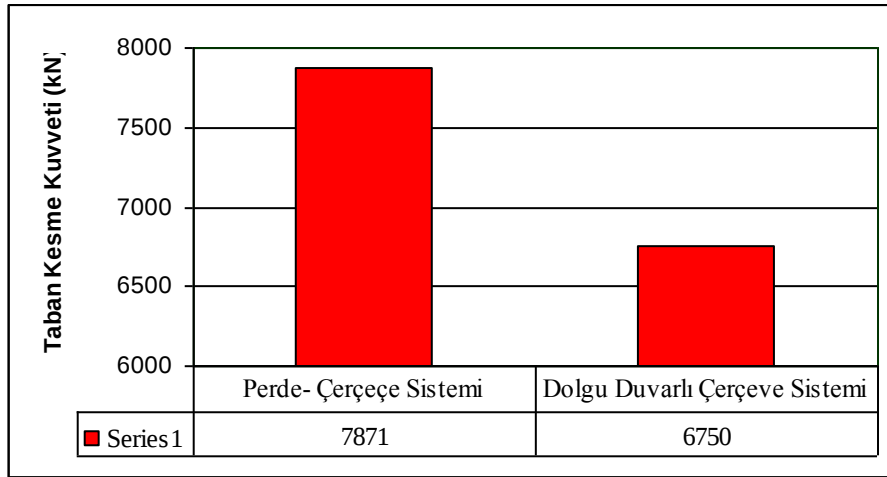
5. ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

5.1 Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Yapılan çözümler sonucu beş ayrı sisteme ait hesaplanan taban kesme kuvvetleri Şekil 5-1 ve Şekil 5-2 de verilmiştir. Dolgu duvarda boşluk olma durumunu incelediğimiz boşluklu ve boşluksuz tek çerçeveye ait sonuçlar ayrıca irdelenmiş ve sonuçlar Şekil 5-3 de verilmiştir.



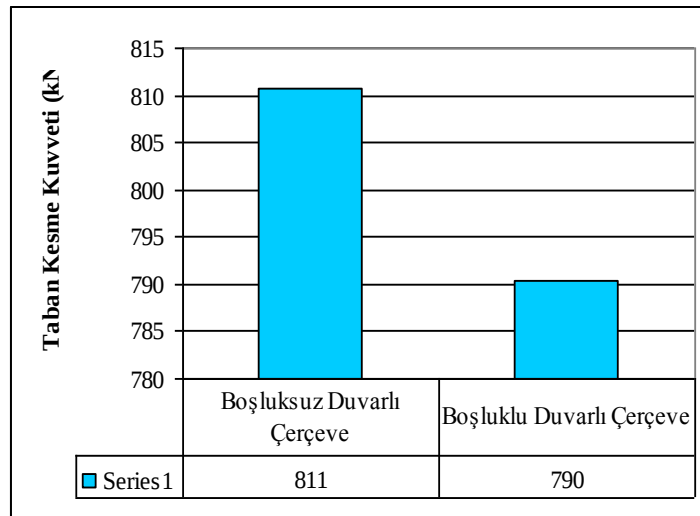
Şekil 5-1 Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil 5-2 Perdeli ve Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistemlerin Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Karşılaştırılması

Çözümlemesi yapılan sistemlerin taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılmasında, dolgu duvarsız çerçeve sistemin taban kesme kuvveti baz alınır, sistemde perde olması durumunda, taban kesme kuvvetinde % 81’lik artış olduğu görülmektedir. Aynı yapı taşıyıcı sistemine dolgu duvar eklenmesi durumunda, taban kesme kuvvetinde % 55’lik artış olmakta, dolgu duvarlı çerçeve sistemin zemin katındaki dolgu duvarlar kaldırılıp çözüm yapıldığında taban kesme kuvvetinde % 18’lik artış olduğu görülmektedir.

Dolgu duvarlı çerçeve sistem ile perdeli çerçeve sistemleri arasında taban kesme kuvvetindeki artış ile ilgili karşılaştırma yapılırsa, dolgu duvarlı çerçeve sistemine göre, perdeli çerçeve sisteminde %16 lık artış görülmektedir.

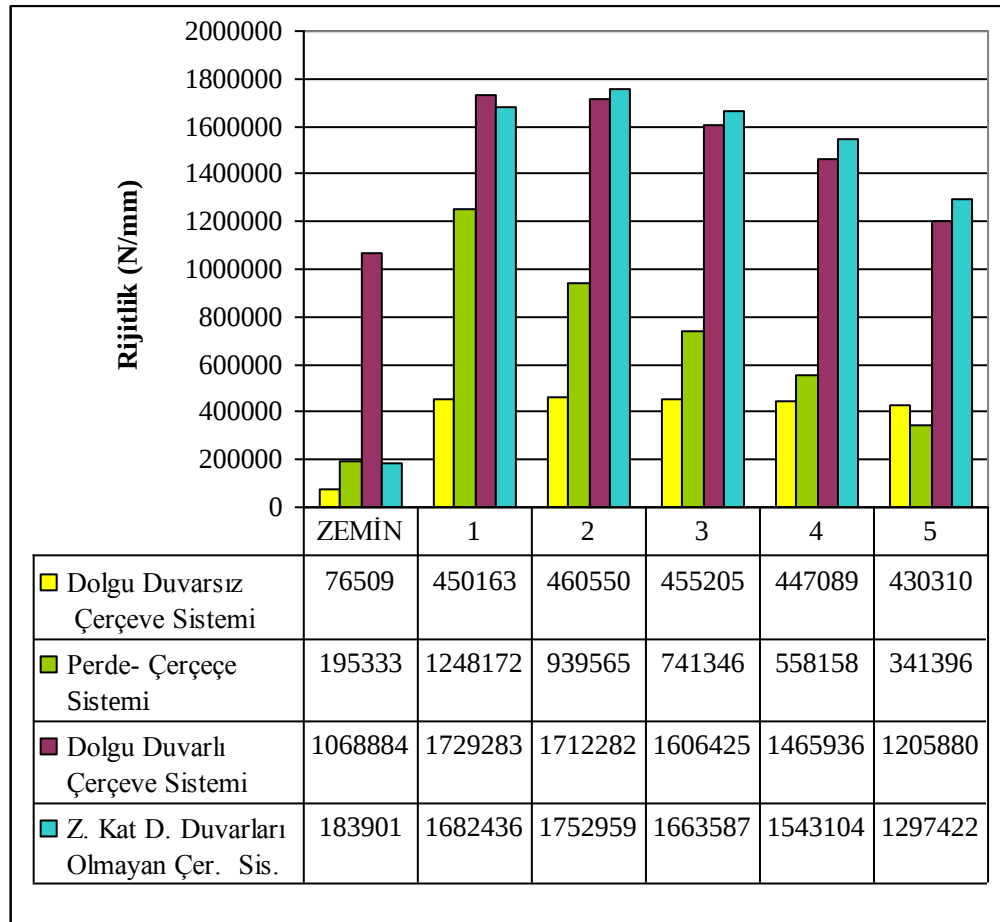


Şekil 5-3 Boşluklu ve Boşluksuz Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Karşılaştırılması

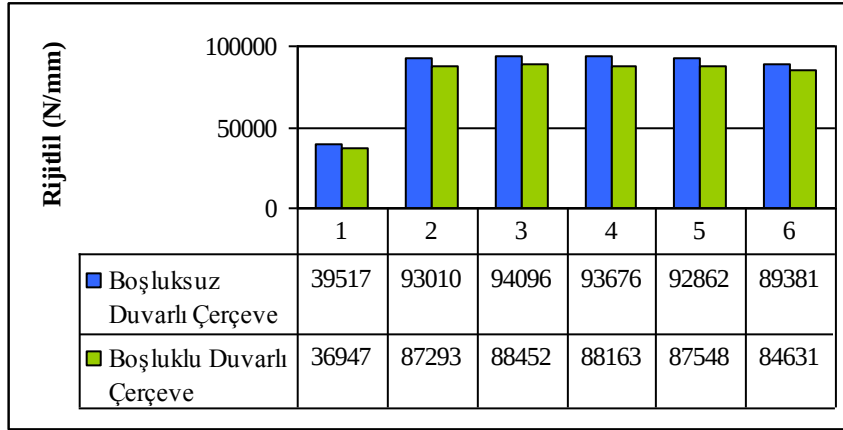
Çözümlemelerde ele aldığımız B08 yapısının, taşıyıcı sisteminin zayıf olan x-x doğrultusundan alınan tek çerçeve üzerinde yapılan çözümlemelerden elde edilen sonuçlarda, çerçeveye eklenen dolgu duvarlarda boşluk olması durumunda taban kesme kuvvetinde yaklaşık % 3'lük azalma olduğu görülmektedir.

5.2 Rijitliklerin Karşılaştırılması

B08 yapısının 5 farklı sistem olarak yapılan çözümlemeleri sonucunda, her sistem için tüm katlara ait kat rijitlikleri elde edilmiştir. Elde edilen kat rijitlikleri Şekil 5-4 ve Şekil 5-5 de verilmiştir.



Şekil 5-4 Kat Rijitliklerinin Karşılaştırılması



Şekil 5-5 Boşluklu ve Boşluksuz Dİgu Duvarlı Çerçevelerin Kat Rijitliklerinin Karşılaştırılması

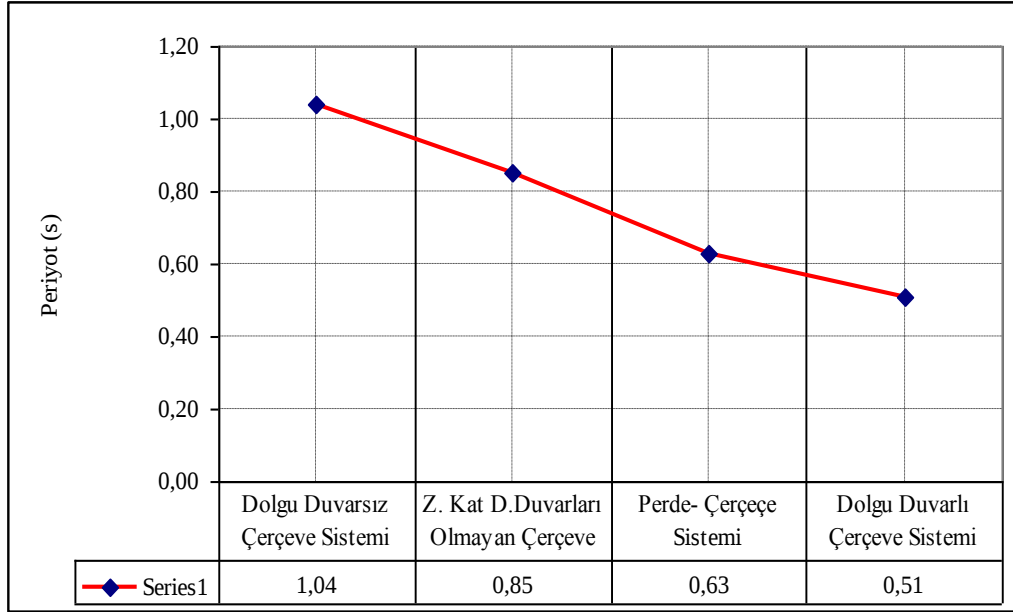
Çözümlemeler sonucunda elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, duvarsız çerçeve sistemlerle diğer sistemler karşılaştırıldığında, perde-çerçeve sistemin rijitliğinde yaklaşık % 100 artış görülmektedir.

Dolgu duvarları temsil eden eşdeğer sanal çubukların boyutları, yapının kat yüksekliklerine, akslar arası uzunluklara bağlı olduğundan dolayı ve incelenen yapının zemin kat yüksekliği diğer kat yüksekliklerinden daha fazla olduğundan, yapıda duvarları temsil eden eşdeğer sanal çubuk boyutları oldukça büyüktür. Yapıda, oldukça düşük kaliteli beton kullanıldığı için beton ile dolgu duvar elastisite modülleri arasında çok büyük fark yoktur. Bu durumda yapıya eklenen duvarlar, yapının rijitliğini yaklaşık 3 kat arttırmıştır.

Dolgu duvarlarda boşluk olması durumunda ise rijitlikte yaklaşık % 6'lık bir azalma görülmüştür.

5.3 Periyotların Karşılaştırılması

Sistemlerin çözümlenmesi sonucunda elde edilen periyot değerleri Şekil 5-6 de verilmiştir.

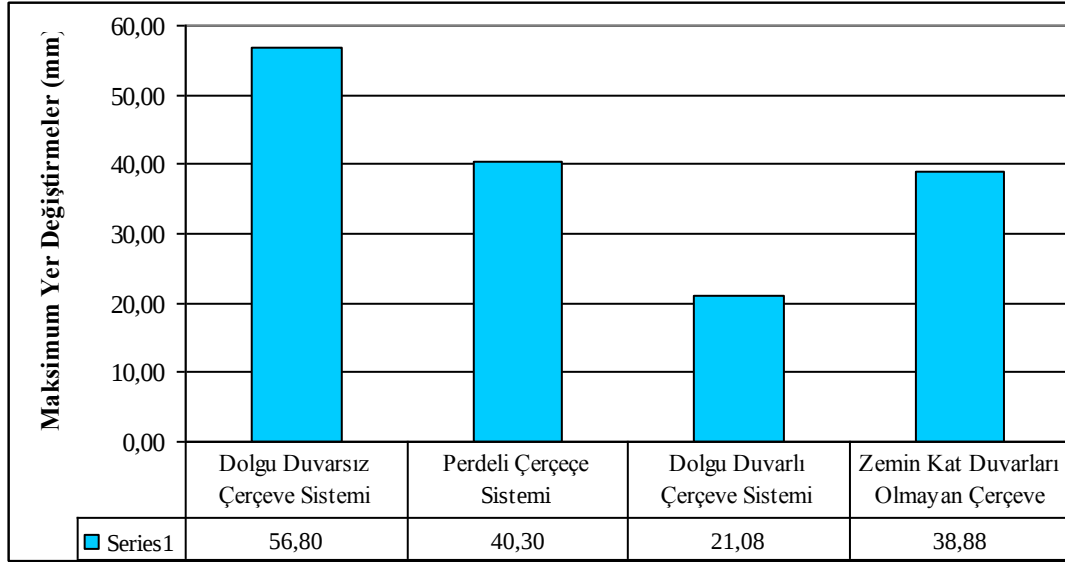


Şekil 5-6 1.Mod Titreşim Periyotlarının Karşılaştırması

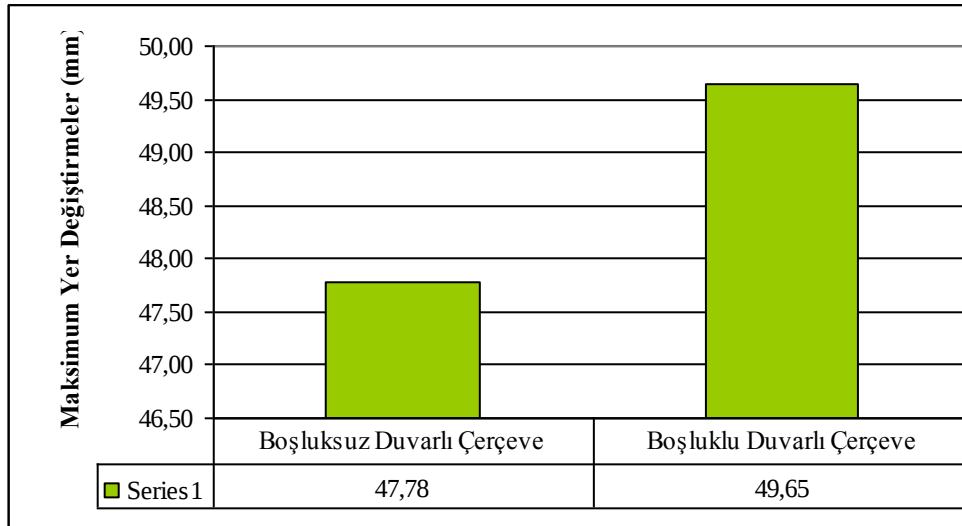
Ele alınan sistemlerin periyotlarını, dolgu duvarsız çerçeve sistemin periyodu ile karşılaştırdığımızda, zemin kat duvarlarının kaldırıldığı çerçeve sistemin periyot değerinde %18 lik önemsiz bir azalma görülmektedir. Buna karşılık zemin kattada duvarların bulunduğu dolgu duvarlı çerçeve sistem periyot değerinde % 51'e varan azalma görülmektedir. Dolgu duvarsız (çıplak) çerçeveye betonarme perde katılması durumunda elde edilen 1.mod titreşim periyot değerinde %39 luk azalma görülmektedir.

5.4 Maksimum Yer Değiştirmelerin Karşılaştırılması

Beş farklı durum için analizi yapılan çerçeve sistemlerinin analiz sonucu elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri Şekil 5-7 de verilmiştir. Boşluklu ve boşluksuz dolgu duvarların temsil edildiği tek çerçeve üzerinde yapılan analiz sonuçlarından elde edilen maksimum yer değiştirme değerleri Şekil 5-8 de verilmiştir.



Şekil 5-7 Maksimum Yer Değiştirmelerin Karşılaştırılması



Şekil 5-8 Boşluklu ve Boşluksuz Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Maksimum Yer Değiştirmelerinin Karşılaştırılması

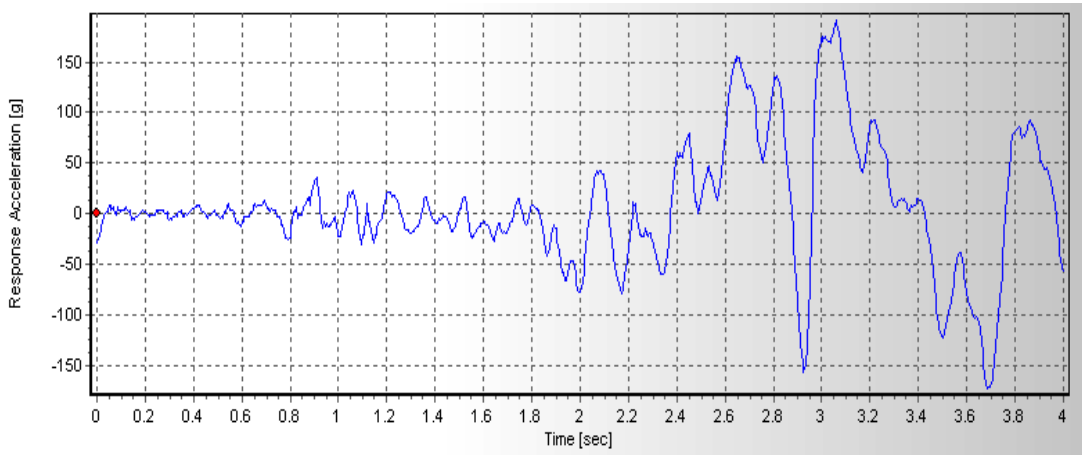
Maksimum yer deşistirmelerdeki değişimler, çıplak çerçeve sistemin maksimum yer değiştirmesi ile karşılaştırıldığında, taşıyıcı sisteme perde eklenmesi durumunda, maksimum yer değiştirmede %29 luk azalma olduğu, taşıyıcı sistemin dolgu duvarlı çerçeve sistem olarak temsil edildiği durumda, maksimum yer değiştirmede %63 lük azalma olduğu görölmektedir. Zemin kattaki duvarların kaldırılması durumunda ise maksimum yer değiştirme değerinde %32 lik azalma olduğu görölmektedir.

Ele aldığımız yapının x-x doğrultusunda bulunan bir çerçevenin, boşluklu ve boşluksuz duvarlı olarak temsil edildiği çerçeve maksimum yer değiştirme değerleri karşılaştırıldığında, dolgu duvarlarda boşluk olma durumunda maksimum yer değiştirme değerinde %4 lük artış olduğu görölmektedir.

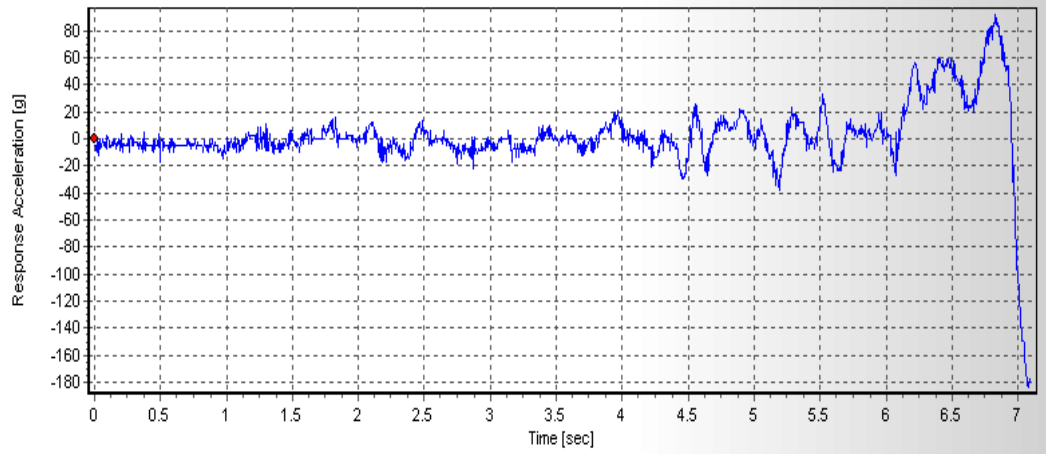
5.5 İki Farklı Deprem İvme Hareketi Altında Dolgu Duvar Davranışının Karşılaştırılması

Genlikleri ve frekans içeriğinin etkisini araştırmak üzere iki farklı deprem ivme kaydı ile yapılan analiz sonucunda, elde edilen sonuçların karşılaştırılmaları Tablo 5-1, Tablo 5-2 ve Tablo 5-3 de verilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, Düzce deprem ivme kaydı ile yapılan çözümleme sonucunda dolgu duvarlar 7 s, Kocaeli deprem ivme kaydı ile yapılan çözümleme sonucunda dolgu duvarlar yaklaşık 5 s lik sürelerde taşıma gücünü kaybettiği görölmüştür. Her iki deprem için, bu süreleri kapsayan ivme izi Şekil 5-9 ve Şekil 5-10 da verilmiştir.



Şekil 5-9 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi, İzmit D-B Bileşeni İvme Kaydı (4 s için)



Şekil 5-10 12 Kasım 1999 Düzce Depremi, Düzce D-B Bileşeni İvme Kaydı (7 s için)

Tablo 5-1 Her İki Deprem İvme Kaydı İçin Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem Zemin Kat Dolgu Duvarları Taşıma Gücü Kaybı Süreleri Karşılaştırılması

Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem Zemin Kat Dolgu Duvarları				
Duvar Tipi	Kocaeli Depremi, İzmit D-B Bileşeni İvme Kaydı		Düzce Depremi, Düzce D-B Bileşeni İvme Kaydı	
	Taşıma Gücü Kaybetme Süreleri (s)	Max İvme (mG)	Taşıma Gücü Kaybetme Süreleri (s)	Max İvme (mG)
D1	4,20	191,47	7,10	206,96
D2	3,50	191,47	7,10	206,96
D3	3,50	191,47	7,10	206,96

Yapılan analizlerden, Düzce deprem ivme kaydı için yapılan çözümlemede her iki sistemin zemin kat duvarlarının taşıma gücü kaybı sürelerinde yaklaşık 3 s lik fark görülmektedir. Kocaeli Depremi ivme kaydında maksimum ivme değerine Düzce Depremine göre daha kısa sürede ulaşıldığı için bu deprem kaydı ile yapılan analizde dolgu duvarların daha kısa sürede taşıma gücünü yitirdiği görülmektedir.

Tablo 5-2 Kocaeli Deprem İvme Kaydı İçin 1.Normal Kat Dolgu Duvarları Taşıma Gücü Kaybı Süreleri Karşılaştırılması

Kocaeli Depremi, İzmit D-B Bileşeni İvme Kaydı				
Duvar Tipi	Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem 1.Normal Kat Dolgu Duvarları		Zemin Kat Dolgu Duvarları Olmayan Çerçeve Sistem 1.Normal Kat Dolgu Duvarları	
	Taşıma Gücü Kaybetme Süreleri (s)	Max İvme (mG)	Taşıma Gücü Kaybetme Süreleri (s)	Max İvme (mG)
D11	4,640	191,47	3,785	191,47
D12	3,480	191,47	3,750	191,47
D13	3,455	191,47	3,750	191,47

Tablo 5-3 Düzce Deprem İvme Kaydı İçin 1.Normal Kat Dolgu Duvarları Taşıma Gücü Kaybı Süreleri Karşılaştırılması

Düzce Depremi, Düzce D-B Bileşeni İvme Kaydı				
Duvar Tipi	Dolgu Duvarlı Çerçeve Sistem 1.Normal Kat Dolgu Duvarları		Zemin Kat Dolgu Duvarları Olmayan Çerçeve Sistem 1.Normal Kat Dolgu Duvarları	
	Taşıma Gücü Kaybetme Süreleri (s)	Max İvme (mG)	Taşıma Gücü Kaybetme Süreleri (s)	Max İvme (mG)
D11	7,115	206,96	7,220	206,96
D12	7,105	206,96	7,205	206,96
D13	7,100	206,96	7,245	206,96

Aynı deprem ivme kaydı ile farklı iki sistemde yapılan analizlerde, 1.normal kat dolgu duvarların taşıma gücünü kaybetme sürelerinde, farklı ivmelerde taşıma güçlerini kaybetmelerine rağmen, önemli farklar görülmemektedir.

6. SONUÇLAR

Gerek 2. bölümde verilen bilgilerin ışığında gerekse 5. bölümde farklı dört sistemin analiz sonuçlarının karşılaştırılması ile dolgu duvarların, çerçevelerin deprem davranışlarını büyük ölçüde değiştirdiği görülmektedir. Çok katlı betonarme yapılarda dolgu duvarların, yapının yükleri altındaki davranışına etkilerinin incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- ***Rijitlik***

Dolgu duvarların yapının taşıyıcı sistem modeline yansıtılmasıyla, rijitliğin önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Aynı yapı için yapının farklı dolgu duvar yerleşimleri ile yapılan analizler sonucunda, tüm katlarda dolgu duvarların olması durumunda yapı rijitliğinin 3 kat arttığı görülmektedir. Buna karşılık, zemin kat dolgu duvarlarının kaldırılması durumunda bu kat için rijitlikte %58 lik bir azalma olduğu ve zayıf kat oluştuğu görülmüştür.

Dolgu duvarlarda boşluk olması durumunda ise yapı rijitliğinde %6 lık bir azalma görülmüştür. Boşluk oranının artması ile bu azalma oranında artış olacağı beklenmektedir.

- ***Yapı Doğal Periyodu***

Rijitliğin artmasına bağlı olarak, dolgu duvarların sisteme katılmasıyla yapı doğal periyodunda ve yer değiştirmelerde azalmalar görülmektedir. Tüm katlarda dolgu duvar olması durumu için yapılan analiz sonuçlarında, yapı doğal periyodunda %51 lik bir azalma, zemin kat duvarlarının kaldırılması ile yapılan analiz sonuçlarında ise yapı doğal periyodunda %18 lik bir azalma gözlenmektedir.

- ***Maksimum Yer Değiştirmeler***

Dolgu duvarların yapı taşıyıcı sistemine yansıtılması ile maksimum yer değiştirmelerde de azalma görülmektedir. Bu azalma değerlerinin, yapının tüm katlarında dolgu duvar olması durumunda % 63, zemin kattaki dolgu duvarların kaldırılmasıyla % 32 olduğu görülmektedir.

- ***Taban Kesme Kuvveti***

Dolgu duvarların taşıyıcı sistem modeline yansıtılması ile taban kesme kuvvetinde %55 lik artış olduğu, buna karşılık zemin kat dolgu duvarların kaldırılması ile bu artışın %18 e düştüğü görülmektedir.

Ele altığımız taşıyıcı sistem modeline yansıtılan betonarme perdelerden dolayı oluşan taban kesme kuvvetindeki artış, dolgu duvarlardan dolayı olan artıştan %16 daha fazladır.

Taşıyıcı sisteminin zayıf olan x-x doğrultusu 2-2 aksından alınan tek çerçeve üzerinde yapılan çözümlemelerden elde edilen sonuçlarda, çerçeveye eklenen dolgu duvarlarda boşluk olması durumunda taban kesme kuvvetinde yaklaşık % 3'lük azalma olduğu görülmektedir.

- ***Dolgu Duvarların Taşıma Gücünün Kaybetme Süreleri***

17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi, İzmit kaydının D-B bileşeni ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremi, Düzce kaydının D-B bileşeni ivme kayıt değerlerini yüklemek suretiyle yapılan analizlerde, dolgu duvarlarda taşıma gücü kaybının ilk olarak alt katlarda olduğu görülmektedir.

Deprem özelliklerine bağlı olarak dolgu duvar taşıma gücü kaybı sürelerinde farklılıklar görülmektedir. Kocaeli deprem ivme kaydıyla yapılan analiz sonucunda zemin kat dolgu duvarlarının deprem başlangıcından yaklaşık 4 s sonra taşıma gücünü kaybettiği ve bu süre aralığında yapıya etkiyen maksimum ivmenin 191,47 mG olduğu görülmüştür. Aynı yapı için Düzce Depremi ivme kaydıyla analiz yapıldığında, zemin kat dolgu duvarlarının deprem başlangıcından yaklaşık 7 s sonra taşıma gücünü kaybettiği ve bu süre aralığında yapıya etkiyen maksimum ivme değerinin 206,96 mG olduğu belirlenmiştir.

Dolgu duvarların taşıma gücünü kaybetme sürelerine bakıldığında, aynı kattaki tüm duvarların aynı saniye içerisinde taşıma gücü kaybına uğradığı görülmektedir. Her iki deprem ivme kaydı için yapılan analizler sonucunda, zemin katta dolgu duvarların bulunmamasının yapının 1. normal kat dolgu duvarlarının taşıma gücü kaybı sürelerini değiştirmedeği görülmektedir.

- **MKS Şiddetine Göre Değerlendirme**

Depremi şiddeti, depremlerin gözlenen etkileri sonucunda ve uzun yılların vermiş olduğu deneyimlere dayanılarak hazırlanmış olan "Şiddet Cetvelleri"ne göre değerlendirilmektedir. Ülkemizde kullanılan başlıca şiddet cetvelleri değiştirilmiş "Mercalli Cetveli (MM)" ve "Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK)" şiddet cetvelidir.

Bu cetvellere göre, şiddeti V ve daha küçük olan depremler genellikle yapılarda hasar meydana getirmezler ve insanların depremi hissetme şekillerine göre değerlendirilirler. VI-XII arasındaki şiddetler ise, depremlerin yapılarda meydana getirdiği hasar ve arazide oluşturduğu kırılma, yarıma, heyelan gibi bulgulara dayanılarak değerlendirilmektedir.

MKS şiddetleri ile ivme değerleri arasındaki ilişki Tablo 6-1 de gösterilmektedir.

Tablo 6-1 Zemin İvmesi-MKS Şiddet İlişkisi

Şiddet	V	VI	VII	VIII	IX	X
Zemin İvmesi (mG) (0.1-0.5 sn periyod aralığı)	12-15	25-50	50-100	100-200	200-400	400-800

Ele aldığımız taşıyıcı sistemde dolgu duvarların taşıma gücünü kaybetme sürelerinin Kocaeli Depremi ivme kaydıyla analiz yapıldığında yaklaşık 4 s olduğu ve bu zaman diliminde maksimum ivmenin 191,47 mG olduğu görülmüştür. Zemin ivmesi ile deprem şiddeti arasında ilişkilendirme yaparak bu ivme değerinin MKS şiddet cetvelinde VIII (Yıkıcı) şiddet değerinde olduğu görülmektedir.

Düzce Depremi ivme kaydı ile yapılan analiz sonucunda, dolgu duvarların taşıma gücünü kaybetme sürelerinin 7 s olduğu ve bu zaman aralığında maksimum ivmenin 206,96 mG olduğu belirlenmiştir. Bu ivme değeri için, zemin ivmesi-şiddet ilişkisi, deprem şiddetinin IX (Çok Yıkıcı) olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **STAFFORD, S.B.**, 1962. Lateral Stiffness of Infilled Fames, J. Struc. Eng. ASCE, Vol 88, pp 183-193.
- [2] **STAFFORD, S.B.**, 1965. Behavior of Square Infilled Frames, J. Struc. Eng. ASCE, Vol 92, pp 31-38.
- [3] **ERSOY, U., UZSOY, Ş.**, 1971. Dolgulu Çerçevelerin Davranış Mukavemeti Ankara
- [4] **BERTERO, V. V. & BROKKEN. S.T.**, 1981. Studies on Effects of Infills in Seismic Resistans Reinforced Concrete Construction, UBC/EERC-81/12, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkley.
- [5] **GOVİNDAN, P., LAKSHMIPATHY M., SANTHAKUMAR A. R.**,1986. Ductility of Infilled Frames, ACI Journal, 567-567, Jully-August.
- [6] **NEGRO P., VERZELETTİ 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.
- [7] **ZARNIC, R. ve diğ.**, 1986. Experimental Study of Methods for Repair and Strengthening of Masonry Infilled Reinfoced Concrete Frames, 8th European Conference on Earthquake Engineering, Lisbon.
- [8] **ZARNIC, R., TOMAZEVIC, M.**, The Behaviour of Masonry Infilled Reinforced Concrete Frames Subjected to Cyclic Lateral Loding, References for Data Base of Confined Masonry Walls Proceeding of 8WCEE, pp. 863-870
- [9] **ZARNIC, R., TOMAZEVIC, M.**, 1995. Modelling of Response of Masonry Infilled Frame, 10th European Conference on Earthquake Engineering, Balkema, Rotterdam.
- [10] **PAULAY, T., PRIESTLY, M., J., N.**, 1992 Seismic Desing of Masonry Buildings, John Wiley and Sons, Inc., New York.

- [11] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, 1998.
T.C İmar ve İskan Bakanlığı, Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı,
Ankara.
- [12] **CELEP, Z., KUMBASAR, N.**, 1996. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık,
İstanbul.
- [13] **BAYÜLKE, N.** Yığma Yapılar, T.C Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri
Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı,
Ankara.
- [14] **Ersin, U. D.**, 1997. Küçük Titreşim Ölçümleri ve Dolgu Duvarların Mekanik
Modele Yansıtılması , *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri
Enstitüsü, İstanbul.
- [15] **Gürel, M. Arif.**, 2001. Kargir dolgu duvarların düzlemlerine dik deprem etkileri
altında davranışı , *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,
İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında İstanbul’da doğdu. Orta okul ve lise eğitimini Vefa Anadolu Lisesinde tamamladı. 2002 yılında Kocaeli Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2002 yılında İTÜ İnşaat Fakültesi Deprem Mühendisliği programında yüksek lisans eğitimime başladı.