

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**Hacer BİLİR**

**DOLGU DUVARLARININ BETONARME ÇERÇEVE  
SİSTEMLERE OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2010**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOLGU DUVARLARININ BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMLERE  
OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Hacer BİLİR**

**DOKTORA TEZİ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu Tez ../11/2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından  
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....  
Doç. Dr. İsmail H.ÇAĞATAY Prof.Dr. Cengiz DÜNDAR Doç.Dr .H.Murat ARSLAN  
DANIŞMAN ÜYE ÜYE

.....  
Doç. Dr. S. Seren GÜVEN Yrd.Doç.Dr. Ali DOĞAN  
ÜYE ÜYE

Bu Tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

**Kod No:**

**Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL**  
**Enstitü Müdürü**

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

**Proje No: MMF2007D11**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

**DOLGU DUVARLARININ BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMLERE OLAN  
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Hacer BİLİR**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Danışman:** Doç. Dr. İsmail H. ÇAĞATAY  
**Yıl** : 2010, Sayfa: 279  
**Jüri** : Doç. Dr. İsmail H. ÇAĞATAY  
Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR  
Doç. Dr. H.Murat ARSLAN  
Doç. Dr. S.Seren GÜVEN  
Yrd. Doç. Dr. Ali DOĞAN

Duvar davranışının analizlere yansıtılabilmesi için kompozit harç ve tuğladan oluşan bu elemanın, çeşitli gerilme durumları altındaki davranışını açık bir şekilde anlamak gereklidir.

Tuğla duvar karakteristikleri, harç ve tuğlanın etkisi altındadır. Yapılan çalışma iki kısımda ele alınmıştır. İlk olarak Türkiye de üretilen farklı üç tip tuğla ve iki farklı harç kullanılmıştır. Düşey üniform konsantrik yük etkisi altında zayıf harç güçlü tuğla, güçlü harç zayıf tuğla vb. farklı boyutta prizma ve paneller ve çeşitli kombinasyonlarla oluşturularak duvarın elastisite modülü, dayanımı vb. özellikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Türkiye'deki duvar ile ilgili standartlara paralel olarak duvar, harç ve tuğla arasında dayanım, elastisite modülü bakımından karşılaştırmalar yapılmıştır.

İkinci olarak da, taşıyıcı olmayan dolgu duvarın, betonarme yapıların deprem davranışına olan etkileri konu edilmiştir. Farklı modeldeki dolgu duvar örnekleri eşdeğer basınç çubuğu ve sonlu elemanlar metodu olarak iki şekilde ele alınarak SAP2000N yapı analizi programıyla çözülmüştür. Duvarlı ve duvarsız olarak düşünülen sistem örnek sonuçları karşılaştırıldığında dolgu duvarın kesme kuvveti, yanıl deplasman, rijitlik gibi özellikleri etkilediği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Harç, dolgu duvar, basınç dayanımı, elastisite modülü, eşdeğer basınç çubuğu

## ABSTRACT

## PhD THESIS

# INVESTIGATION OF MASONRY INFILL WALL EFFECT OF REINFORCED FRAME BUILDINGS

Hacer BİLİR

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

**Supervisor :** Assoc. Prof. Dr. İsmail H. ÇAĞATAY  
**Year :** 2010 Pages: 279  
**Jury :** Assoc. Prof. Dr. İsmail H. ÇAĞATAY  
Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR  
Assoc. Prof. Dr. H.Murat ARSLAN  
Assoc. Prof. Dr. S. Seren GÜVEN  
Asst.Prof.Dr. Ali DOĞAN

Structural design in masonry requires a clear understanding of the behaviour of the composite unit-mortar material under various stress conditions.

The characteristics of brick masonry are influenced by the properties of bricks and mortar. This study has been investigated in two parts. Firstly, this thesis attempts at studying the properties of brick masonry using different bricks of Turkey with various types of mortars. The strength and elastic modulus of brick masonry under uniform concentric vertical loads have been evaluated for strong-brick soft-mortar and soft-brick strong-mortar combinations. Various sizes of prisms and panels have been tested during these experiments to study the size effect and different bonding arrangements. The failure mechanisms of such specimens have been studied. Attempts are also made to derive empirical relationships for masonry strength as a function of brick and mortar strength in the Turkey context.

Secondly, effect of nonstructural masonry infill on the earthquakes response of reinforced concrete structures are investigated by considering reinforced concrete with structure different configuration of masonry infills. Different models of infill walls have been analyzed by using a computer program called SAP2000N. For this purpose, different kinds of planar frames were compared under lateral loads by two infill wall models, equivalent diagonal compression strut model and finite element model. The results of analysis were compared for the frames with and without infill walls. It is found that infill walls have significant effect on stiffness, period, lateral displacement, base shear force and structural behavior.

**Key Words:** Mortar, masonry infill wall, compressive strength, elastic modulus, strut model.

## TEŞEKKÜR

Danışman hocam Sayın Doç. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY'a tez konumun belirlenmesi ve yürütülmesi aşamalarında bana sağladığı olanaklardan ve her türlü yol gösterici yardımlarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin yürütülmesi sırasındaki değerli katkılarından ve teşviklerinden dolayı Sayın hocam Prof. Dr. Mustafa LAMAN'a teşekkür ederim.

Araştırmamın yürütülmesi hususunda sağlamış oldukları kurum imkânları nedeniyle Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Salih KIRKGÖZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin yürütülmesi ve tamamlanması aşamalarında verdikleri manevi destek ve katkıları için başta ablalarım Fatma ALKIŞ, Yrd. Doç. Dr. Hatice BİLİR EKBİÇ, her türlü bilgisini benimle paylaşan ve deneysel aşamalarda göstermiş olduğu yardımlarından ötürü değerli hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Serkan TOKGÖZ, mesai arkadaşlarım Ar. Gör. Baki BAĞRIAÇIK, İnş. Yük. Müh. Selçuk BİLDİK, İnş. Yük. Müh. Ahmet ASLAN'a ve diğer tüm arkadaşlarıma ve Sinan ÖZHAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca, her konuda en yakın destek ve yardımlarını gördüğüm, gayeleri bizi son kademeye kadar okutmak olan bunun için her türlü fedakarlıktan kaçınmayan, babam Hüsnü BİLİR, annem Ervah BİLİR ve Ayşe BİLİR, Mehmet Zahit BİLİR, Beyza ALKIŞ, Ceyda ALKIŞ, Emir Yasin EKBİÇ'e sonsuz teşekkür ederim.

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>SAYFA</b>
ÖZ .....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XX
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XXXII
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1. Dolgu Duvar Modelleme Çalışmaları.....	3
2.2. Tuğla Duvar Çalışmaları.....	16
3. MATERYAL ve METOD .....	21
3.1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik.....	21
3.1.1. Analiz Yöntemleri.....	21
3.1.1.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	21
3.1.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi.....	22
3.1.1.3.Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi.....	22
3.2. Betonarme Yapının Dolgu Duvarı.....	22
3.3. Dolgu Duvar Dayanımları.....	23
3.3.1. Duvar Basınç Dayanımı.....	23
3.3.2. Duvar Kesme Dayanımı.....	24
3.4. Dolgu Duvarın Yapı İçindeki Durumu.....	25
3.5. Betonarme Çerçeve Düzlemi İçindeki Dolgu Duvarların Davranışı...	25
3.6. Dolgu Duvarların Yapıların Davranışına Etkileri.....	26
3.6.1. Yüğü Taşımaya Katkı.....	26
3.6.1.1. Düşey Yüğü Taşımaya Katkı.....	27
3.6.1.2. Deprem Yüğü Taşımaya Katkı.....	27
3.6.2. Rijitliğe Katkı.....	28

3.6.3. Sönüme Katkı.....	29
3.6.4. Süneklilik.....	29
3.6.5. Titreşim Periyoduna Katkı.....	31
3.7. Dolgu Duvarların Yapı Davranışı Üzerine Olumsuz Etkileri.....	32
3.8. Dolgu Duvar Analiz Yaklaşımları.....	36
3.8.1. Basınç Çubuğu Metodu.....	37
3.8.2. Sonlu Eleman Ağ Modelleri.....	44
3.9. DBYBHY 2007’de Dolgu Duvarları Modelleme Esasları.....	45
3.10. SAP2000N Yapı Analiz Programı.....	46
4. TUĞLA DUVAR DENEY ÇALIŞMASI.....	49
4.1. Giriş.....	49
4.2. Dolgu Duvar Malzemelerinin Elastisite Modülü.....	49
4.3. Dolgu Duvar Yapımında Kullanılan Malzemelerin Özellikleri.....	52
4.3.1. Tuğla Malzeme Özellikleri.....	52
4.3.2. Harçların Özellikleri.....	54
4.3.3. Numune Boyutları ve Çeşitleri.....	62
4.3.3.1. Numunelerin İmali .....	62
4.4. Deney Tekniği ve Programı.....	63
4.4.1. Yük Okumaları.....	63
5. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	131
5.1. Düzlem Çerçeve Örnekleri.....	131
5.1.1. Uygulama1.....	131
5.1.2. Uygulama2.....	133
5.1.3. Uygulama3.....	137
5.1.4. Uygulama4.....	140
5.1.5. Uygulama 5.....	144
5.1.6. Uygulama 6.....	148
5.1.7. Düzlem Çerçeve Örneklerinin Karşılaştırılması.....	152
5.2.1. Uygulama 7.....	156
5.2.1.1. Binanın Kat Ağırlıkları.....	157
5.2.1.2. Seçilen Bina Verilerinin Programa Yansıtılması .....	158

5.2.1.3. Beş Katlı Yapının X Yönünde Deprem Analizi.....	160
5.2.1.3.(1). Beş Katlı Yapının X Yönünde Deprem Analizi.....	160
5.2.1.3.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı....	162
5.2.1.3.(3). Binada Deprem Yüğüleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri.....	163
5.2.1.3.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü	167
5.2.1.3.(5). Binanın B2- Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	168
5.2.1.3.(6). Binanın Görelî Kat Ötelemesi.....	169
5.2.1.3.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü.....	169
5.2.1.4. Beş Katlı Binanın Y Yönünde Deprem Analizi.....	170
5.2.1.4.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu...	170
5.2.1.4.(2). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü.	171
5.2.1.4.(3). Binada Deprem Yüğüleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri.....	172
5.2.1.4.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü	177
5.2.1.4.(5). Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	178
5.2.1.4.(6). Binanın Görelî Kat Ötelemesi.....	178
5.2.1.4.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü.....	179
5.2.2. Uygulama 8.....	180
5.2.2.1. Binanın Kat Ağırlıkları.....	181
5.2.2.2. Beş katlı yapının X Yönünde Deprem Analizi.....	183
5.2.2.2.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu....	183
5.2.2.2.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı.....	185
5.2.2.2.(3). Binada Deprem Yüğüleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri.....	186
5.2.2.2.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü	195
5.2.2.2.(5). Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	196

5.2.2.2.(6). Binanın Görelî Kat Ötelemesi.....	196
5.2.2.2.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü.....	197
5.2.2.3. Beş katlı yapının Y Yönünde Deprem Analizi.....	198
5.2.2.3.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu.....	198
5.2.2.3.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yükü Hesabı.....	199
5.2.2.3.(3). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü...	200
5.2.2.3.(4). Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	201
5.2.2.3.(5). Binanın Görelî Kat Ötelemesi.....	202
5.2.2.3.(6). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü.....	202
5.2.3. Uygulama 9.....	203
5.2.3.1. Binanın Kat Ağırlıkları.....	205
5.2.3.2. Seçilen Bina Verilerinin Programa Yansıtılması.....	206
5.2.3.3. On Katlı Yapının X Yönünde Deprem Analizi.....	207
5.2.3.3.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu.....	207
5.2.3.3.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yükü Hesabı.....	209
5.2.3.3.(3). Binada Deprem Yükleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri.....	210
5.2.3.3.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü.	219
5.2.3.3.(5).Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	220
5.2.3.3.(6). Binanın Görelî Kat Ötelemesi.....	221
5.2.3.3.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü.....	221
5.2.4. Uygulama 10.....	223
5.2.4.1. Binanın Kat Ağırlıkları.....	225
5.2.4.2. İki Katlı Binanın Y Yönünde Deprem Analizi.....	226
5.2.4.2.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu.....	226
5.2.4.2.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yükü Hesabı.....	227
5.2.4.2.(3). Binada Deprem Yükleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri.....	228
5.2.4.2.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü..	230

5.2.4.2.(5).Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	231
5.2.4.2.(6). Binanın Görelî Kat Ötelemesi.....	231
5.2.4.2.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü.....	232
5.2.5. Uygulama 11.....	233
5.2.5.1. Binanın Kat Ağırlıkları.....	234
5.2.5.2. İki Katlı Binanın Y Yönünde Deprem Analizi.....	235
5.2.5.2.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu.....	235
5.2.5.2.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı.....	237
5.2.5.2.(3). Binada Deprem Yüğüleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri.....	238
5.2.5.2.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü..	240
5.2.5.2.(5). Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	241
5.2.5.2.(6). Binanın Görelî Kat Ötelemesi.....	241
5.2.5.2.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü.....	242
5.2.6. Uygulama 12.....	243
5.2.6.1. Binanın Kat Ağırlıkları.....	247
5.2.6.2. Sekiz Katlı Binanın Y Yönünde Deprem Analizi.....	248
5.2.6.2.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu.....	248
5.2.6.2.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı.....	249
5.2.6.2.(3). Binada Deprem Yüğüleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri.....	250
5.2.6.2.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü..	259
5.2.6.2.(5). Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	260
5.2.6.2.(6). Binanın Görelî Kat Ötelemesi.....	261
5.2.6.2.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü.....	262
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	265
KAYNAKLAR.....	269
ÖZGEÇMİŞ.....	279



**ÇİZELGELER DİZİNİ****SAYFA**

Çizelge 3.1.	Kapı Boşluklu Dolgu Duvarlar İçin Azaltma Faktörleri .....	43
Çizelge 3.2.	Pencere Boşluklu Dolgu Duvarlar İçin Azaltma Faktörleri.....	43
Çizelge 4.1.	Tuğla Duvar Elastisite Modülleri .....	51
Çizelge 4.2.	TS 2848 Duvar Harcı Basınç Dayanımları .....	52
Çizelge 4.3.	Yatay Delikli Tuğlanın Fiziksel ve Mekanik özellikleri .....	53
Çizelge 4.4.	Normal Dolu Pres Tuğlanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri .....	53
Çizelge 4.5.	Delikli Pres Tuğlanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri .....	54
Çizelge 4.6.	Harçların Hacimsel Karışım Oranları .....	54
Çizelge 4.7.	PÇ 325'in Mekanik Özellikleri .....	55
Çizelge 4.8.	Harç kumunun granülometri değerleri .....	55
Çizelge 4.9.	Zayıf Harca Ait Mekanik Özellikler .....	58
Çizelge 4.10.	Güçlü Harca Ait Mekanik Özellikler .....	61
Çizelge 4.11.	ZD1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	76
Çizelge 4.12.	YZ1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	78
Çizelge 4.13.	YZ2 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	80
Çizelge 4.14.	ZDP2 Numunesi Elastisite Modülü değerleri .....	83
Çizelge 4.15.	ZPD2 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	86
Çizelge 4.16.	TD1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	88
Çizelge 4.17.	PG1 numunesi elastisite modülü değerleri .....	90
Çizelge 4.18.	PG2 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	93
Çizelge 4.19.	PG3 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	95
Çizelge 4.20.	PZ1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	97
Çizelge 4.21.	PZ2 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	99
Çizelge 4.22.	PZ3 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	101
Çizelge 4.23.	DPZ1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	103
Çizelge 4.24.	DPLZ1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	106
Çizelge 4.25.	TDL2 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	112
Çizelge 4.26.	DGK1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	116
Çizelge 4.27.	DPG1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	119

Çizelge 4.28.	DLGP1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri .....	122
Çizelge 4.29.	DG1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri.....	125
Çizelge 4.30.	Yatay Delikli Tuğla Deney Numunelerine Ait Sonuçlar.....	126
Çizelge 4.31.	Delikli ve Dolu Pres Tuğla Deney Numunelerine Ait Sonuçlar...	127
Çizelge 4.32.	Tüm Deney Numunelerinin Elastisite Modülü Değerlerinin Diğer Standart ve Kabullerle Elde Edilen Sonuca Oranı.....	129
Çizelge 5.1.	Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri ....	132
Çizelge 5.2.	Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin İç Kuvvet Değerleri .....	132
Çizelge 5.3.	Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri .....	133
Çizelge 5.4.	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri .....	134
Çizelge 5.5.	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Moment Değerleri..	135
Çizelge 5.6.	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerleri .....	135
Çizelge 5.7.	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin (P) Eksenel Kuvvet Değerleri .....	136
Çizelge 5.8.	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri .....	136
Çizelge 5.9.	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri .....	137
Çizelge 5.10.	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Moment Değerleri.	138
Çizelge 5.11.	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerleri .....	138
Çizelge 5.12.	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin (P) Eksenel Kuvvet Değerleri .....	139
Çizelge 5.13.	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri .....	139
Çizelge 5.14.	Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri ...	141
Çizelge 5.15.	Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Moment Değerleri.	142
Çizelge 5.16.	Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerleri .....	142
Çizelge 5.17.	Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin (P) Eksenel Kuvvet Değerleri .....	143

Çizelge 5.18.	Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri .....	143
Çizelge 5.19.	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri .....	145
Çizelge 5.20.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Kesme Kuvveti Değerleri .....	145
Çizelge 5.21.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Moment Kuvveti Değerlerinin (%) Olarak Karşılaştırılması.....	146
Çizelge 5.22.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerleri .....	146
Çizelge 5.23.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerlerinin (%) Olarak Karşılaştırılması.....	146
Çizelge 5.24.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin P Eksenel Kuvveti Değerleri .....	147
Çizelge 5.25.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin P Eksenel Kuvveti Değerlerinin (%) Olarak Karşılaştırılması.....	147
Çizelge 5.26.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin Deplasman Değerleri.....	149
Çizelge 5.27.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Moment Kuvveti Değerleri.....	149
Çizelge 5.28.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Moment Kuvveti Değerlerinin (%) Olarak Karşılaştırılması.....	150
Çizelge 5.29.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerleri.....	150
Çizelge 5.30.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerlerinin (%) Olarak Karşılaştırılması.....	150
Çizelge 5.31.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin (P) Eksenel Kuvveti Değerleri.....	151
Çizelge 5.32.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin (P) Eksenel Kuvveti Değerlerinin (%) Olarak Karşılaştırılması.....	151
Çizelge 5.33.	5 Katlı Binanın Kat Ağırlıkları.....	158
Çizelge 5.34.	Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları (w).....	159

Çizelge 5.35.	5 katlı Binanın X Yönünde Farklı Elastisite Değerlerine Göre Periyod Değerleri.....	161
Çizelge 5.36.	5 katlı Binanın X Yönünde Farklı Elastisite Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri.....	162
Çizelge 5.37.	5 katlı Binanın 1. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m).....	163
Çizelge 5.38.	5 katlı Binanın 2. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m).....	163
Çizelge 5.39.	5 katlı Binanın 3. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m).....	164
Çizelge 5.40.	5 katlı Binanın 4. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m).....	164
Çizelge 5.41.	5 katlı Binanın 5. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m).....	164
Çizelge 5.42.	5 katlı Binanın 5. Katının X Yönünde Burulma Düzensizliği Katsayıları.....	168
Çizelge 5.43.	5 Katlı Binanın X Yönünde Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	168
Çizelge 5.44.	5 katlı Binanın 5. Katının X Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü.....	169
Çizelge 5.45.	5 Katlı Binanın 5. Katının Y Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü.....	169
Çizelge 5.46.	5 katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Değerlerine Göre Periyod Değerleri.....	170
Çizelge 5.47.	5 katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri.....	171
Çizelge 5.48.	5 katlı Binanın 1. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	172
Çizelge 5.49.	5 katlı Binanın 2. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	173

Çizelge 5.50.	5 katlı Binanın 3. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	173
Çizelge 5.51.	5 katlı Binanın 4. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	173
Çizelge 5.52.	5 katlı Binanın 5. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	174
Çizelge 5.53.	5 katlı Binanın Y Yönünde Burulma Düzensizliği Katsayıları.....	177
Çizelge 5.54.	5 katlı Binanın Y Yönünde Burulma Katsayıları.....	178
Çizelge 5.55.	5 katlı Binanın Y Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü.....	178
Çizelge 5.56.	10 Katlı Yapının X Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü....	179
Çizelge 5.57.	10 Katlı Binanın Kat Ağırlıkları.....	182
Çizelge 5.58.	Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları (w).....	182
Çizelge 5.59.	10 katlı Binanın X Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Periyod Değerleri.....	184
Çizelge 5.60.	10 katlı Binanın X Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri.....	185
Çizelge 5.61.	10 katlı Yapının 1. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m).....	186
Çizelge 5.62.	10 katlı Yapının 2. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m).....	186
Çizelge 5.63.	10 Katlı Yapının 3. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	187
Çizelge 5.64.	10 Katlı Yapının 4. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	187
Çizelge 5.65.	10 Katlı Yapının 5. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	187
Çizelge 5.66.	10 Katlı Yapının 6. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	188

Çizelge 5.67.	10 Katlı Yapının 7. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	188
Çizelge 5.68.	10 Katlı Yapının 8. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	188
Çizelge 5.69.	10 Katlı Yapının 9. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	189
Çizelge 5.70.	10 Katlı Yapının 10. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	189
Çizelge 5.71.	10 katlı Yapının X Yönünde Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	195
Çizelge 5.72.	10 Katlı Yapının X Yönünde Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	196
Çizelge 5.73.	10 Katlı Yapının X Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü.....	197
Çizelge 574.	10 Katlı Yapının X Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü.....	197
Çizelge 5.75.	10 katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Değerlerine Göre Periyod Değerleri.....	198
Çizelge 5.76.	10 katlı Yapının Y Yönünde Farklı Elastisite Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri.....	199
Çizelge 5.77.	10 katlı Yapının Y Yönünde Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	201
Çizelge 5.78.	10 Katlı Yapının Y Yönünde Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	201
Çizelge 5.79.	10 katlı Yapının Y Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü.....	202
Çizelge 5.80.	10 Katlı Yapının Y Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü.....	203
Çizelge 5.81.	10 Katlı Binanın Kat Ağırlıkları.....	205
Çizelge 5.82.	Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları (w).....	206
Çizelge 5.83.	10 katlı Binanın X Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Periyod Değerleri.....	208
Çizelge 5.84.	10 katlı Binanın X Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri.....	209
Çizelge 5.85.	10 Katlı Yapının 1. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	210
Çizelge 5.86.	10 Katlı Yapının 2. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum	

	Deplasmanları .....	211
Çizelge 5.87.	10 Katlı Yapının 3. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	211
Çizelge 5.88.	10 Katlı Yapının 4. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	211
Çizelge 5.89.	10 Katlı Yapının 5. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	212
Çizelge 5.90.	10 Katlı Yapının 6. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	212
Çizelge 5.91.	10 Katlı Yapının 7. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	212
Çizelge 5.92.	10 Katlı Yapının 8. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	213
Çizelge 5.93.	10 Katlı Yapının 9. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	213
Çizelge 5.94.	10 Katlı Yapının 10. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları .....	213
Çizelge 5.95.	10 katlı Yapının X Yönünde Burulma Düzensizliği Katsayıları...	219
Çizelge 5.96.	10 Katlı Yapının X Yönünde Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.....	220
Çizelge 5.97.	10 Katlı Yapının X Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü....	221
Çizelge 5.98.	10 katlı Yapının X Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü.....	222
Çizelge 5.99.	2 Katlı Binanın Kat Ağırlıkları .....	225
Çizelge 5.100.	Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları (w).....	225
Çizelge 5.101.	2 katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Periyod Değerleri.....	226
Çizelge 5.102.	2 katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri.....	227
Çizelge 5.103.	2 katlı Yapının 1. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	228

Çizelge 5.104.	2 katlı Yapının 2. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	229
Çizelge 5.105.	2 katlı Yapının Y Yönünde Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	231
Çizelge 5.106.	2 katlı Yapının Y Yönünde Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.	231
Çizelge 5.107.	2 katlı Yapının Y Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü.....	232
Çizelge 5.108.	2 katlı Yapının Y Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü.....	232
Çizelge 5.109.	2 Katlı Binanın Kat Ağırlıkları.....	235
Çizelge 5.110.	Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları (w).....	235
Çizelge 5.111.	2 katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Periyod Değerleri.....	236
Çizelge 5.112.	2 katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri.....	237
Çizelge 5.113.	2 katlı Yapının 1. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	238
Çizelge 5.114.	2 katlı Yapının 2. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	239
Çizelge 5.115.	2 Katlı Yapının Y Yönünde Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	241
Çizelge 5.116.	2 katlı Yapının Y Yönünde Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü..	241
Çizelge 5.117.	2 katlı Yapının Y Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü.....	242
Çizelge 5.118.	2 katlı Yapının Y Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü.....	242
Çizelge 5.119.	8 Katlı Binanın Kat Ağırlıkları .....	247
Çizelge 5.120.	Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları (w).....	247
Çizelge 5.121.	8 Katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Periyod Değerleri.....	248
Çizelge 5.122.	8 Katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri.....	249
Çizelge 5.123.	8 Katlı Yapının 1. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	251
Çizelge 5.124.	8 Katlı Yapının 2. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	252

Çizelge 5.125.	8 Katlı Yapının 3. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	253
Çizelge 5.126.	8 Katlı Yapının 4. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	254
Çizelge 5.127.	8 Katlı Yapının 5. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	255
Çizelge 5.128.	8 Katlı Yapının 6. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	256
Çizelge 5.129.	8 Katlı Yapının 7. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	257
Çizelge 5.130.	8 Katlı Yapının 8. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları.....	258
Çizelge 5.131.	8 Katlı Yapının Y Yönünde Burulma Düzensizliği Kontrolü.....	260
Çizelge 5.132.	8 Katlı Yapının Y Yönünde Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü.	261
Çizelge 5.133.	8 Katlı Yapının Y Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü.....	262
Çizelge 5.134.	8 Katlı Yapının Y Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü.....	263



## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

Şekil 2.1.	Diyagonal Olarak Yüklenmiş Duvarların Etkin Genişliği.....	4
Şekil 3.1.	Beton blok ve çimento harcı ile örülen dolgu duvar için kırılma dayanımı- $\beta$ oranı eğrileri .....	24
Şekil 3.2.	Çerçeve İçindeki Dolgu Duvar Hasar Biçimleri.....	25
Şekil 3.3.	Dolgu Duvarlı Çerçevenin Yatay Yükler Altındaki Davranışa Etkisi .....	27
Şekil 3.4.	Dolgu Duvarlı ve Basit Çerçeve Çevrimsel Yükler Sonucunda Rijitliğin Değişimi .....	28
Şekil 3.5.	Sünek ve Sünek Olmayan Davranışa Ait Yük-Yer Değiştirme Eğrisi .....	30
Şekil 3.6.	Tekrarlı ve Yön Değiştiren Yükleme Etkisinde Sünekliklerin Karşılaştırılması .....	30
Şekil 37.	Betonarme Çerçeveli Yapılarda Dolgu Duvarın Yapının 1. Mod Titreşim Periyoduna Etkisi .....	32
Şekil 3.8.	Dolgu Duvarlı Çerçevenin Yatay Yük Altındaki Davranışı.....	33
Şekil 3.9.	Çapraz Gerilme Sonucu Oluşan Orta Şiddetteki Çatlak..	34
Şekil 3.10.	Kısa Kolon Oluşumu .....	35
Şekil 3.11.	Kısa Kolon Kırılması .....	35
Şekil 3.12.	Yumuşak kat oluşumu .....	36
Şekil 3.13.	Dolgu Duvarın Çerçeve Yatay Ötelenmesinde Basınç Çubuğu Gibi Davranışı.....	37
Şekil 3.14.	Dolgu Duvarlı Çerçevenin Basınç Çubuklu Modeli.....	38
Şekil 3.15.	Betonarme Çerçeve Elemanlarının Kırılma Modları.....	39
Şekil 3.16.	Dolgu duvar modellemesinde Eşdeğer Basınç Çubuğu Analjisi .....	40
Şekil 3.17.	Elemanlarda Oluşan Hasarlar .....	41

Şekil 3.18.	Betonarme Çerçeve ve Dolgu Duvar .....	44
Şekil 3.19.	Sonlu Eleman ve Çubuk Elemanlarının Birlikte Kullanılması.....	44
Şekil 3.20.	Sonlu Elemanlarla Oluşturulan Dolgu Duvarlı Çerçeve Modeli.....	45
Şekil 4.1.	Prizma Testi Dolgu Duvar Gerilme-Şekil Değişirme İlişkisi.....	50
Şekil 4.2.	Yatay Delikli Tuğlanın Görünümü.....	52
Şekil 4.3.	Normal Dolu Pres Tuğlanın Görünümü.....	53
Şekil 4.4.	Delikli Pres Tuğlanın Görünüşü.....	54
Şekil 4.5.	Harç Kumuna Ait Granülometri Eğrisi.....	56
Şekil 4.6.	Zayıf Dayanımlı Harca Ait Küp Numune.....	57
Şekil 4.7.	Zayıf Dayanımlı Harca Ait Küp Numune Basınç Yükleme Sonrası Oluşan Çatlaklar.....	57
Şekil 4.8.	Zayıf Dayanımlı Harca Ait Küp Numune Basınç Yükleme Sonrası Oluşan Çatlaklar.....	58
Şekil 4.9.	Zayıf Dayanımlı Harca Ait Yapılan Deneyler Sonucu Elde Edilen Ortalama Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	59
Şekil 4.10.	Güçlü Dayanımlı Harca Ait Küp Numune.....	59
Şekil 4.11.	Güçlü Dayanımlı Harca Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	60
Şekil 4.12.	Güçlü Dayanımlı Harca Ait Küp Numune Basınç Yükleme Sonrası Oluşan Çatlaklar.....	60
Şekil 4.13.	Güçlü Dayanımlı Harca Ait Küp Numune Basınç Yükleme Sonrası Oluşan Çatlaklar.....	61
Şekil 4.14.	Yükleme Çerçevesi ve Deney Düzenegi Detayı	64
Şekil 4.15.	Deneylerde Kullanılan Yükleme Çerçevesi.....	65
Şekil 4.16.	Yükleme Plakası.....	65
Şekil 4.17.	20 t Kapasiteli Load Cell .....	66
Şekil 4.18.	50 t Kapasiteli Load Cell.....	66

Şekil 4.19.	Hidrolik Pres.....	67
Şekil 4.20.	Load Cell Kalibrasyon Düzeneği .....	67
Şekil 4.21.	20 t Kapasiteli Load Cell Kalibrasyon Eğrisi.....	68
Şekil 4.22.	50 t Kapasiteli Load Cell Kalibrasyon Eğrisi.....	68
Şekil 4.23.	Load Cell Üst ve Alt Yükleme Plakası.....	69
Şekil 4.24.	Deplasman Ölçer.....	69
Şekil 4.25.	Transducer Kalibrasyon Düzeneği.....	70
Şekil 4.26.	10 mm Stoklu Transducer Kalibrasyon Eğrisi.....	71
Şekil 4.27.	ADU Data Logger Aleti, ADU Yazılımı ve Bilgisayar...	72
Şekil 4.28.	Strain Indicator Cihazı.....	72
Şekil 4.29.	Wheatstone Çeyrek Köprü Bağlantı Detayı.....	73
Şekil 4.30.	Komparatör.....	73
Şekil 4.31.	Hidrolik Silindir, Yüksek Basıncılı El Pompası.....	74
Şekil 4.32.	Hidrolik Silindir Motorlu ve Kollu Yükleme Mekanizması.....	74
Şekil 4.33.	Yatay Delikli Zayıf Harçlı 2 Sıralı Prizma Numunesi (ZD1).....	75
Şekil 4.34.	ZD1 Numunesi Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	75
Şekil 4.35.	ZD1 Numunesi Yük- Deplasman Eğrisi.....	76
Şekil 4.36.	Yatay Delikli Zayıf Harçlı 2 Sıralı 4'lü Prizma Numunesi (YZ1) Yükleme Sonrası Oluşan Çatlaklar.....	77
Şekil 4.37.	YZ1 Numunesi Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	77
Şekil 4.38.	YZ1 numunesi Yük- Deplasman Eğrisi.....	78
Şekil 4.39.	Yatay Delikli Zayıf Harçlı 2 Sıralı 4'lü Prizma Numunesi (YZ2).....	79
Şekil 4.40.	YZ2 Numunesi Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	79
Şekil 4.41.	YZ2 Numunesi Yük- Deplasman Eğrisi.....	80
Şekil 4.42.	Delikli Pres Tuğla Zayıf Harçlı 3 Sıralı 2'li Prizma Numunesi (ZDP2).....	81
Şekil 4.43.	ZDP2 Numunesi Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	81
Şekil 4.44.	ZDP2 Numunesi Yük- Deplasman Eğrisi.....	82

Şekil 4.45.	ZDP2 Duvar Numunesi Göçme Anı ve Düşey Yönde Simetrik Olarak Oluşan Çatlakları.....	83
Şekil 4.46.	Delikli Pres Tuğla Zayıf Harçlı 3 Sıralı 2'li Prizma Numunesi (ZPD2).....	84
Şekil 4.47.	ZPD2 numunesi gerilme deplasman eğrisi.....	84
Şekil 4.48.	ZPD2 Numunesi Yük- Deplasman Eğrisi.....	85
Şekil 4.49.	Delikli Pres Tuğla Tekli 5 Sıra Duvar Numunesi (TD1).	86
Şekil 4.50.	TD1 numunesine ait gerilme deformasyon eğrisi.....	87
Şekil 4.51.	TD1 Numunesi Yük- Deplasman Eğrisi.....	87
Şekil 4.52.	Güçlü Harçlı 1x1m lik Yatay Delikli Panel Numunesi (PG1).....	89
Şekil 4.53.	PG1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	89
Şekil 4.54.	PG1 Numunesi Yük- Deplasman Eğrisi.....	90
Şekil 4.55.	Güçlü Harçlı 1x1m'lik Yatay Delikli Panel Numunesi (PG2).....	91
Şekil 4.56.	PG2 Panel Numunesi Göçme Anı ve Düşey Yönde Oluşan Çatlaklar.....	91
Şekil 4.57.	PG2 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	92
Şekil 4.58.	PG2 Numunesi Yük- Deplasman Eğrisi.....	92
Şekil 4.59.	Güçlü Harçlı 1mx1m lik Yatay Delikli Panel Numunesi (PG3).....	93
Şekil 4.60.	PG3 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	94
Şekil 4.61.	PG3 Numunesi Yük Deplasman Eğrisi.....	94
Şekil 4.62.	Güçlü Harçlı 1mx1m lik Yatay Delikli Panel Numunesi Çatlak Oluşumları (PG3).....	95
Şekil 4.63.	PZ1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	96
Şekil 4.64.	PZ1 Numunesi Yük Deplasman Eğrisi.....	96
Şekil 4.65.	Zayıf Harçlı 1mx1m'lik Yatay Delikli Panel Numunesi (PZ2).....	97
Şekil 4.66.	PZ2 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	98
Şekil 4.67.	PZ2 Numunesi Yük Deplasman Eğrisi.....	98

Şekil 4.68.	Zayıf Harçlı 1mx1m'lik Yatay Delikli Panel Numunesi (PZ3) Yükleme Öncesi ve Sonrası.....	99
Şekil 4.69.	PZ3 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	100
Şekil 4.70.	PZ2 Numunesi Yük Deplasman Eğrisi.....	100
Şekil 4.71.	Zayıf Harçlı 90 cm x 70 cm'lik Delikli Pres Tuğla Numunesi (DPZ1) Yükleme Öncesi.....	101
Şekil 4.72.	DPZ1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi....	102
Şekil 4.73.	DPZ1 Numunesi Yük Deplasman Eğrisi.....	102
Şekil 4.74.	Zayıf harçlı 90 cm x 70 cm'lik delikli pres tuğla panel numunesi (DPZ1) yükleme sonrası.....	103
Şekil 4.75.	Zayıf Harçlı 90 cm x 70 cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLPZ1) Yükleme Öncesi.....	104
Şekil 4.76.	Zayıf Harçlı 90cm x 70cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLPZ1) Yükleme Öncesi.....	105
Şekil 4.77	DLPZ1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi..	105
Şekil 4.78.	DLPZ1 Numunesi Yük Deplasman Eğrisi.....	106
Şekil 4.79.	Zayıf Harçlı 90 cm x 70 cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLPZ1) Yükleme Sonrası.....	107
Şekil 4.80.	Zayıf Harçlı 90 cm x 70 cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLPZ1) Yükleme Sonrası.....	107
Şekil 4.81.	DLPG1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi..	108
Şekil 4.82.	Güçlü Harçlı 90x70cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLPG1) Yükleme Öncesi.....	108
Şekil 4.83.	DLPG1 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi.....	109
Şekil 4.84.	Güçlü Harçlı 90x70cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLPG1) Yükleme Öncesi.....	109
Şekil 4.85.	Güçlü Harçlı Tekli 4 Sıralı Dolu Pres Tuğla Numunesi (TDL2).....	110
Şekil 4.86.	TDL2 Numunesine Ait Pres Aleti Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	111
Şekil 4.87.	TDL2 Numunesi Yük Deplasman Eğrisi.....	112

Şekil 4.88.	Güçlü Harçlı Tekli 4 Sıralı Dolu Pres Tuğla Numunesi (TDL2) Yükleme Sonrası Oluşan Çatlaklar.....	113
Şekil 4.89.	İkili 6 Sıralı Delikli Pres Tuğla Numunesi (DGK1).....	114
Şekil 4.90.	DGK1 Numunesi Yükleme Sonrası Derzlere Paralel Oluşan Eğilme Çatlakları.....	115
Şekil 4.91.	DGK1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi...	115
Şekil 4.92.	DGK1 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi.....	116
Şekil 4.93.	DPG1 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi.....	117
Şekil 4.94.	Güçlü harçlı 100 x 76 cm'lik Dolu Pres Tuğla Panel Numunesi (DPG1).....	117
Şekil 4.95.	Güçlü Harçlı 100 x 76 cm'lik Dolu Pres Tuğla Panel Numunesi Yükleme Sonrası Oluşan Çatlaklar.....	118
Şekil 4.96.	DPG1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi....	118
Şekil 4.97.	Güçlü Harçlı Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLGP1).....	119
Şekil 4.98.	DLGP1 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi.....	120
Şekil 4.99.	DLGP1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi...	120
Şekil 4.100.	Yükleme Sonrası DLGP1 Numunesinde Oluşan Çatlaklar (1).....	121
Şekil 4.101.	Yükleme Sonrası DLGP1 Numunesinde Oluşan Çatlaklar (2).....	121
Şekil 4.102.	DLGP1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi...	123
Şekil 4.103.	Yükleme Sonrası DG1 Numunesinde Oluşan Çatlaklar..	123
Şekil 4.104.	DG1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi.....	124
Şekil 4.105.	DG1 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi.....	124
Şekil 4.106.	YZ1 Duvar Numunesi Göçme Anı ve Düşey Yönde Oluşan Simetrik Çatlaklar.....	125
Şekil 4.107.	TD1 Duvar Numunesi Göçme Anı ve Düşey Yönde Simetrik Oluşan Çatlaklar.....	126
Şekil 4.108.	Yatay Delikli Tuğlanın Zayıf ve Güçlü Harç Kombinasyonlarına Göre Panel Sonuçları.....	130

Şekil 5.1.	Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modelleri.....	131
Şekil 5.2.	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin Basınç Çubuğu Modeli .....	134
Şekil 5.3.	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin Sonlu Elemanlar Modeli.....	134
Şekil 5..4	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri.....	137
Şekil 5..5	Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin Basınç Çubuğu Modeli.....	140
Şekil 5..6	Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin Sonlu Elemanlar Modeli.....	141
Şekil 5.7.	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçeve Modeli.....	144
Şekil 5.8.	İki Katlı Üç Açıklıklı Perdeli Çerçeve Modeli.....	148
Şekil 5..9	Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri.....	153
Şekil 5..10	Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri.....	153
Şekil 5..11	İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri.....	154
Şekil 5..12	Beş Katlı ve Beş Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri.....	154
Şekil 5..13	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri.....	155
Şekil 5..14	İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdesiz Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri.....	155
Şekil 5.15.	Bina Kat Planı.....	157
Şekil 5.16.	5 Katlı Binanın SAP2000 Model Planı.....	159
Şekil 5.17.	5 Katlı Binanın Üç Boyutlu Basınç Çubuğu Modeli.....	160
Şekil 5.18.	5 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	161

Şekil 5.19.	5 Katlı Binanın Kesme Kuvveti Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi .....	162
Şekil 5.20.	5 Katlı Binanın 5. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	165
Şekil 5.21.	5 Katlı Binanın 4. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	165
Şekil 5.22.	5 Katlı Binanın 3. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	166
Şekil 5.23.	5 Katlı Binanın 2. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	166
Şekil 5.24.	5 Katlı Binanın 1. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri .....	167
Şekil 5.25.	5 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	170
Şekil 5.26.	5 Katlı Binanın Kesme Kuvveti Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi .....	172
Şekil 5.27.	5 Katlı Binanın 5. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	174
Şekil 5.28.	5 Katlı Binanın 4. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri .....	175
Şekil 5.29.	5 Katlı Binanın 3. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	175
Şekil 5.30.	5 Katlı Binanın 2. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	176
Şekil 5.31.	5 Katlı Binanın 1. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	176
Şekil 5.32.	Bina Kat Planı.....	181
Şekil 5.33.	Binanın SAP2000N 3 Boyutlu Görünümü.....	183
Şekil 5.34.	10 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	184

Şekil 5.35.	10 Katlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	185
Şekil 5.36.	10 Katlı Binanın 10. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	190
Şekil 5.37.	10 Katlı Binanın 9. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	190
Şekil 5.38.	10 Katlı Binanın 8. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	191
Şekil 5.39.	10 Katlı Binanın 7. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	191
Şekil 5.40.	10 Katlı Binanın 6. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	192
Şekil 5.41.	10 Katlı Binanın 5. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	192
Şekil 5.42.	10 Katlı Binanın 4. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	193
Şekil 5.43.	10 Katlı Binanın 3. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	193
Şekil 5.44.	10 Katlı Binanın 2. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	194
Şekil 5.45.	10 Katlı Binanın 1. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	194
Şekil 5.46.	10 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	199
Şekil 5.47.	10 Katlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	200
Şekil 5.48.	Bina Kat Planı.....	204
Şekil 5.49.	Binanın 3 Boyutlu Basınç Çubuğu Modeli (SAP2000)	207
Şekil 5.50.	10 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite	208

	Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	
Şekil 5.51.	10 Katlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	210
Şekil 5.52.	10 Katlı Binanın 1. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	214
Şekil 5.53.	10 Katlı Binanın 2. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	214
Şekil 5.54.	10 Katlı Binanın 3. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	215
Şekil 5.55.	10 Katlı Binanın 4. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	215
Şekil 5.56.	10 Katlı Binanın 5. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	216
Şekil 5.57.	10 Katlı Binanın 6. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	216
Şekil 5.58.	10 Katlı Binanın 7. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	217
Şekil 5.59.	10 Katlı Binanın 8. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	217
Şekil 5.60.	10 Katlı Binanın 9. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	218
Şekil 5.61.	10 Katlı Binanın 10. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	218
Şekil 5.62.	Bina Kat Planı.....	223
Şekil 5.63.	Binanın 3 Boyutlu Basınç Çubuğu Modeli .....	224
Şekil 5.64.	2 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	226
Şekil 5.65.	2 Katlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	228

Şekil 5.66.	2 Katlı Binanın 1. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	229
Şekil 5.67.	2 Katlı Binanın 2. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	230
Şekil 5.68.	Bina Kat Planı.....	233
Şekil 5.69.	Binanın 3 Boyutlu Basınç Çubuğu Modeli .....	234
Şekil 5.70.	2 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	236
Şekil 5.71.	2 Katlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	238
Şekil 5.72.	2 Katlı Binanın 1. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	239
Şekil 5.73.	2 Katlı Binanın 2. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	240
Şekil 5.74.	Bina Kat Planı.....	243
Şekil 5.75.	Duvarsız Modellenen Yapının X-Z Görünümü.....	244
Şekil 5.76.	İkinci, Dördüncü, Altıncı ve Sekizinci Katlarına A Aksı Boyunca Duvar İlave Edilerek Modellenen Yapının X-Z Görünümü.....	245
Şekil 5.77.	Duvarlı Modellenen Binanın 3 Boyutlu Görünüşü .....	246
Şekil 5.78.	8 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	248
Şekil 5.79.	8 Katlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi.....	250
Şekil 5.80.	8 Katlı Binanın 1. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	251
Şekil 5.81.	8 Katlı Binanın 2. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	252
Şekil 5.82.	8 Katlı Binanın 3. Katının Minimum ve Maksimum	

	Kat Deplasman Değerleri.....	253
Şekil 5.83.	8 Katlı Binanın 4. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	254
Şekil 5.84.	8 Katlı Binanın 5. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	255
Şekil 5.85.	8 Katlı Binanın 6. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	256
Şekil 5.86.	8 Katlı Binanın 7. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	257
Şekil 5.87.	8 Katlı Binanın 8. Katının Minimum ve Maksimum Kat Deplasman Değerleri.....	258

## SİMGELER VE KISALTMALAR

$A_{\text{Boşluk}}$	: Dolgu duvarda bulunan boşlukların alanları toplamı
$A_{\text{panel}}$	: Dolgu duvarın boşluksuz alanı
$a_d$	: Çubuk genişliği
$E_c$	: Çerçevenin elastisite modülü
$E_m$	: Eşdeğer sanal basınç çubuğu elastisite modülü
$E_d$	: Dolgu duvarın elastisite modülü
$f_m$	: Dolgu duvar prizma basınç dayanımı
$f_m'$	: Dolgu duvar biriminin basınç dayanımı
$h'$	: Kat yüksekliği
$h_d$	: Duvarın yüksekliği
$h$	: Dolgu duvar yüksekliği
$h_k$	: Kolon boyu
$l$	: Çerçeve açıklığı
$l'$	: Dolgu duvar genişliği
$l_n$	: Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
$M_a$	: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
$M_{\bar{u}}$	: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
$t_d$	: Duvarın kalınlığı
$t$	: Dolgu duvar kalınlığı
$I_c$	: Kolonun atalet momenti
$I_k$	: Kolonun atalet momenti
$r_d$	: Dolgu duvar köşegen uzunluğu

$\epsilon_{0.33}$	: Duvar prizma basınç dayanımının %33 ü olan $\sigma_{0.33}$ gerilmesine karşı gelen şekil değiştirme
$\epsilon_{0.05}$	: Duvar prizma basınç dayanımının %5 i olan $\sigma_{0.05}$ gerilmesine karşı gelen şekil değiştirme
w	: Eşdeğer sanal basınç çubuğu genişliği
$\lambda$	: Dolgu ile çerçevenin rijitlik parametresi
$\theta$	: Eşdeğer sanal basınç çubuğun yatayla yaptığı açı
$\eta_{bi}$	: Burulma Düzensizliği Katsayısı
$\eta_{ki}$	: Rijitlik Düzensizlik Katsayısı
$\theta_i$	: İkinci Mertebe Gösterge Değeri
$\delta_i$	: Binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
$(\delta_i)_{max}$	: Binanın i'inci katındaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi
$V_e$	: Kolonlarda enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti
$V_t$	: Taban kesme kuvveti
ACI	: American Concrete Institute
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
CSA	: Design of Masonry Structure
DÇS	: Tuğla duvar sadece ağırlık olarak dikkate alınarak modellenen boş çerçeve
DÇ	: Tuğla duvar ağırlık ve model olarak dikkate alınan çerçeve
ZDH	: Zayıf Dayanımlı Harç
GDH	: Güçlü Dayanımlı Harç
ZD1	: Yatay Delikli Zayıf Harçlı 2 Sıralı Prizma Numunesi
YZ1	: Yatay Delikli Zayıf Harçlı 2 Sıralı 4'lü Prizma Numunesi
YZ2	: Yatay Delikli Zayıf Harçlı 2 Sıralı 4'lü Prizma Numunesi
ZDP2	: Delikli Pres Tuğla Zayıf Harçlı 3 Sıralı 2'li Prizma Numunesi
ZPD2	: Delikli Pres Tuğla Zayıf Harçlı 3 Sıralı 2'li Prizma Numunesi
TD1	: Delikli Pres Tuğla Güçlü Harçlı Tekli 5 Sıra Duvar Numunesi

PG1	: Güçlü Harçlı 1mx1m'lik Yatay Delikli Panel Numunesi
PG2	: Güçlü Harçlı 1x1m'lik Yatay Delikli Panel Numunesi
PG3	: Güçlü Harçlı 1x1m'lik Yatay Delikli Panel Numunesi
PZ1	: Zayıf Harçlı 1x1m'lik Yatay Delikli Panel Numunesi
PZ2	: Zayıf Harçlı 1x1m'lik Yatay Delikli Panel Numunesi
PZ3	: Zayıf Harçlı 1x1m'lik Yatay Delikli Panel Numunesi
DPZ1	: Zayıf Harçlı 90x70 cm'lik Delikli Pres Tuğla Numunesi
DLPZ1	: Zayıf Harçlı 90x70 cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi
DLPG1	: Güçlü Harçlı 90x70cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi
TDL2	: Güçlü Harçlı Tekli 4 Sıralı Dolu Pres Tuğla Numunesi
DGK1	: İkili 6 Sıralı Delikli Pres Tuğla Numunesi
DPG1	: Güçlü harçlı 100 x 76 cm'lik Dolu Pres Tuğla Panel Numunesi
DLGP1	: Güçlü Harçlı Dolu Pres Tuğla Numunesi
DG1	: Güçlü Harçlı 3 Sıralı Dolu Pres Tuğla Numunesi



## 1. GİRİŞ

Ülkemiz önemli deprem kuşakları üzerinde bulunmakta ve bu durumda deprem etkisinin yapıların inşa ve projelendirme aşamalarında gözönünde bulundurulması zorunluluğunu beraberinde getirmektedir. Bölme duvarlar, yatay deprem etkisi altında betonarme binaların taşıyıcı sistem hesapları yapılırken taşıyıcı olmayan elemanlar olarak düşünülmesine karşın; yapısal analizlerin gerçekçi olarak yapılabilmesi için tuğla vb. malzemeyle harçtan oluşan bu kompozit yapı elemanının yani dolgu duvarın davranışını iyi bilmek gerekmektedir.

Yaşadığımız mekanlar genellikle çok katlı betonarme yapılardır. Mevcut analiz ve tasarım tekniklerinde çerçeve sistemli betonarme binaların sadece kolon, kiriş ve döşemelerinin sistemde taşıyıcı oldukları, dolgu duvarların yatay yükler altında taşıyıcı etkilerinin ihmal edildiği analizler yapılmaktadır. Oysaki dolgu duvarların varlığı, davranışı önemli ölçüde değiştirmektedir. Çatlama konumuna kadar dolgunun, yanal rijitlik ve dinamik özellikler üzerindeki etkisi çok büyük olduğu gerek yaşanan depremler gerekse geçmişten günümüze kadarki süreçte yapılan çalışmalarda görülmektedir. Bu homojen olmayan yapı elemanları yapılarda uygun bölmeler oluşturmayı sağlayarak, özellikle çerçeve aralarında yer aldıklarında, yapısal sistemin davranışını etkileyip, yapının düşey ve özellikle yatay yükler altındaki mukavemetini ve rijitliğini arttırarak statik ve dinamik özelliklerini değiştirmektedir. Dolgu duvarların, deprem bölgelerinde yapıların mukavemetine, rijitliğine, sünekliğine ve yük taşıma kapasitesi gibi taşıyıcı sistem davranış özelliklerine faydalı yönde önemli derecede katkıları bulunmaktadır.

Deprem sırasında binalarda oluşan hasarlar üzerinde yapılan gözlem ve araştırmalarda dolgu duvarlarda büyük kalıcı şekil değiştirmelerin olduğu saptanmıştır. Dolgu duvar deprem anında ilk çatlayan eleman olmasına rağmen, yapının depreme direncini arttırmakta; duvar çerçeve birleşim derzlerindeki kayma ve sürtünmeler, duvarın basınç köşelerindeki ezilmeler ve örgü derzlerindeki çatlak ve şekil değiştirmeler ile önemli ölçüde enerji yutmaktadır. Planda dolgu duvarların düzensiz yerleştirilmesi ve binayı kullananlar tarafından keyfi olarak kaldırılması burulmaya ve yumuşak kat oluşumuna neden olmaktadır. Dolgulu çerçeve sistem

hesabındaki karmaşıklık ve güçlük, pratik ve güvenilir bir hesap metodunun bulunmayışı gibi nedenlerle, genelde, dolgu duvarlarının yapıların yatay yükler altındaki davranışına etkileri, hesaplarda ihmal edilmektedir. Bu ihmal emniyetli yönde olabileceği gibi, bazen büyük yanlışlar ve lüzumsuz yapı düzenleme ve detayları da getirebilmektedir. Proje yapılırken dikkate alınmayan yarım bir dolgu duvar deprem yükleri altında kolonların davranışını önemli ölçüde değiştirir. Duvarların etkisiyle kısalan kolon etkili boyları da, kolonların kısa kolon gibi davranarak hesaplanandan daha büyük kesme kuvveti almasına neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak, bu tür kolonlar kesme-eğilme kırılmalarına maruz kalırlar. Dolgu duvarların olumlu etkilerinde yararlanmak ve olumsuz etkilerinden korunmak için dolgu duvarlı çerçevenin modellenerek deprem analizi yapılması gerekmektedir. Ne var ki, halen yapısal sistemlerin davranışını dolgu duvarların ne şekilde etkilediği ve ne ölçüde olumlu ve olumsuz katkıları olduğu açık bir şekilde ortaya konulabilmiş ve güvenilir hesap modelleri oluşturulabilmiş değildir.

Yapılmış olan bu çalışma iki kısımda düşünülmüş ve ilk olarak duvarı meydana getiren tuğla ve harç malzemelerinin birlikte oluşturduğu etkilerin araştırılması amacıyla çeşitli boyutlarda prizma ve paneller zayıf ve güçlü harç kombinasyonlarıyla farklı üç tip tuğla kullanılarak hazırlanmış ve düşey yönde uniform basınç yükü etkisi altında deneye tabi tutularak tuğla dolgu duvarın elastisite modülü, gerilme deformasyon, yük deformasyon vb. karakteristik özellikleri araştırılmıştır. İkinci kısımda ise dolgu duvar modelleri için yapılan teorik çalışmalara göre elde edilmiş duvar malzemeleri ve eşdeğer basınç çubuğu ve sonlu elemanlar yaklaşımı kullanılarak iki boyutlu düzlem çerçeve ve üç boyutlu binalar duvarlı ve duvarsız modellenmiş ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY 2007)'ye göre deprem analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre dolgu duvarın yapının davranışı, periyodu, taban kesme kuvveti ve deplasmanları üzerindeki etkileri incelenmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde ilk olarak dolgu duvar modellemesiyle ilgili olarak geçmişten günümüze kadarki süreçte yapılan deneysel ve teorik çalışmalar sunulacak; ikinci kısımda ise tuğla ile ilgili hem duvar hemde prizma tarzındaki çalışmalara yer verilecektir.

### 2.1. Dolgu Duvar Modelleme Çalışmaları

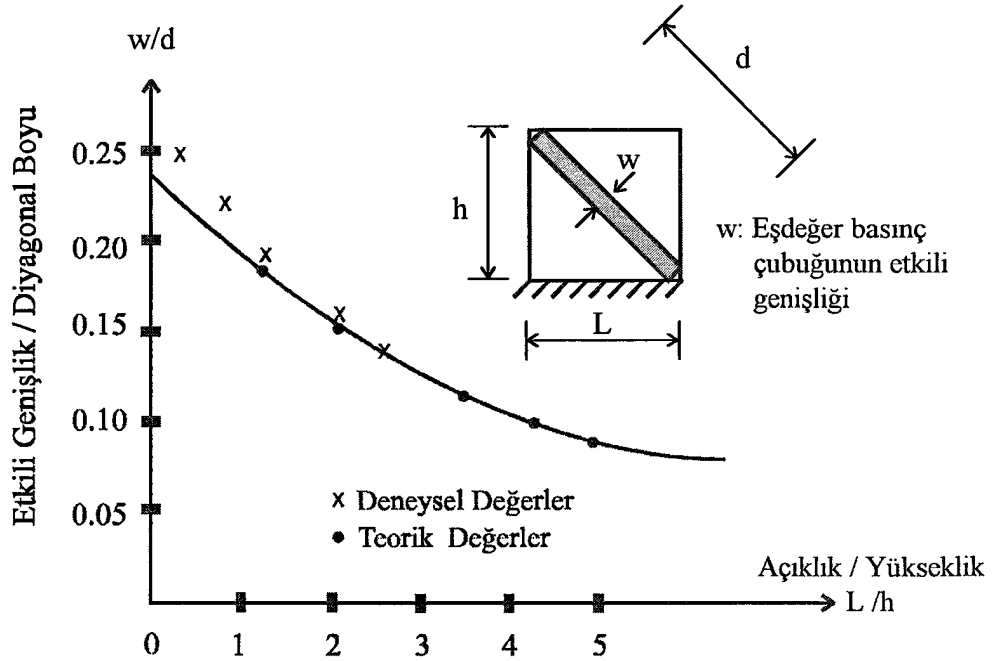
Benjamin ve Williams (1958), dolgulu çerçeveler üzerine geniş bir çalışma yapmışlardır. İç kısmı betonarme malzeme ile doldurulmuş tek katlı düzlemsel çerçeve sistemlerin yatay yükler altındaki kırılma davranışlarını deneysel olarak incelemişlerdir. Araştırmalarında ölçü etkisi, panelin yatayla yapmış olduğu açı, tuğlanın kalınlığı, kolonun dayanımı ve panelin betonarmesi konularını incelemişlerdir. Hem betonarme hem çelik çerçeve sistemleri, ya beton yada dolgu duvarla doldurarak 1/8 ve 1/1 ölçülerinde deneye tabi tutmuşlardır. Kendi düzlemlerinde etkilenen tuğla yığma duvarların yatay yükler altındaki davranışlar ile; uzunluk /yükseklik oranının, panelin yapmış olduğu açının hem dayanım hemde rijitliği önemli ölçüde değiştirdiğini belirtirken kolon dayanımının rijitliğe etkisinin olmadığı sonucuna varmışlar ve dolgu duvarlı çerçevenin dayanım ve rijitliğinin tespiti için ampirik bir ilişki ortaya sunmuşlardır.

Polyakov (1960), yapmış olduğu çalışmasında dolgu duvar davranışını eşdeğer basınç çubuğu şeklinde kabul etmeyi önermiştir.

Holmes (1961), çalışmasında dolgu duvarlı çerçevenin dayanımı için kullanılacak olan duvarın kalınlığının tahmininde yarı ampirik bir ifade geliştirmiştir. Betonarme duvarlı veya tuğla duvarlı 1/6 oranında çelik çerçeveler üzerinde deneysel çalışmış, diyagonal genişliğini dolgu duvarın boyunun üçte biri alınmasını önermiştir.

Stafford Smith (1962, 1966, 1967), eşdeğer basınç çubuğunun mekanik özelliklerini belirlemeye yönelik olarak; dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yükler altındaki davranışını anlayabilmek için hem deneysel hem de analitik araştırmalar

yapmıştır. Araştırmaların sonucunda dolgu duvarlı çerçevelerin yatay rijitlik ve dayanımının duvar boyutları ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra duvar ile kolon arasındaki temas uzunluğuna bağlı olduğunu göstermiştir. Dolgu duvarını "eşdeğer basınç diyagonalı" şeklinde varsayarak, bu eşdeğer diyagonalin genişliğini teorik olarak elde ettikten sonra, model deneylerle bu sonuçların doğruluğunu kontrol etmiştir. Yapılan deneysel ve teorik çalışmalar sonucunda, "w" basınç çubuğu genişliğinin, çerçevenin değişik "açıklık/yükseklik" oranına göre diyagonal uzunluğunun 1/4'ü ile 1/11'i arasında değiştiği sonucuna varmıştır. Temas uzunluğu duvar ile çerçevenin relatif rijitliklerine bağlıdır ve yapılan çalışmalar neticesinde dolgu duvarlı çerçevenin davranışını modelleme de çok önemli olan relatif rijitlik parametresini önermiştir. Smith'in dolgu duvarının eşdeğeri basınç diyagonalinin tahmini için önerdiği grafik Şekil 2.1 de verilmiştir.



Şekil 2.1. Diyagonal Olarak Yüklenmiş Duvarların Etkin Genişliği

Mallick ve Severn (1968), çalışmalarında, dolgu duvarlı çerçevelerin yatay rijitliğini belirlemek için, sonlu elemanlar tekniği kullanılmıştır. Ayrıca, dolgu panellerini dikdörtgen paneller olarak ele almışlardır. Bir başka deyimle dolgu panellerini düzlemsel şekil değiştiren elemanlar, çerçeveyi eğilme çubukları şeklinde elemanlar olarak modellemişler, dolgu duvar ve çerçeve arasındaki kaymayı göz önüne alarak temas uzunluğunca meydana gelen gerilmeleri incelemişlerdir. Sonlu elemanlar metodunu uygulayarak yapılan hesapların iki katlı çerçeveler için dahi çok uzun sürdüğü sonucuna varılmıştır.

Stafford Smith ve Carter (1969), dolgu duvarlı çerçevenin eşdeğer bir kafes sistem haline dönüştürülerek, bilinen statik yöntemlerle analizinin yapılabileceğini öne sürmüşlerdir. Eşdeğer kafes sistemde, dolgu duvar, yatay yüklerden dolayı oluşan basınç diyagonalı boyunca eşdeğer bir basınç çubuğu olarak idealize edilmiş, çerçeve elemanlarının hepsi de yine çekme ve basınç çubuğu olarak düşünülerek eğilme taşımadıkları varsayılmıştır. Smith'in çerçeve elemanlarını kafes elemanları olarak düşünmesinin nedeni dolgu duvarın çerçeve yerleştirilmesiyle, daha önce çerçeve elemanlarında yatay yükten oluşan eğilme momentlerinde yüksek oranlarda azalmanın gözlenmiş olmasıdır. Böyle bir yaklaşımın ileri sürülmesine bir diğer neden de, çok katlı çerçevelerde kat sayısı arttıkça eksenel kuvvetlerin, eğilme momentlerinden daha etkin hale gelmesidir.

Smith'in çalışmalarında üzerinde önemle durulan konu, yatay yükün çerçeveye etkimesi sonucu, çerçeve ile dolgu arasındaki birleşim yüzeyi boyunca aralarında bağ olmadığı varsayılan dolguyla çerçeve elemanları arasında oluşan ayrılmalar ve sonuçta sürekliliğin sürdüğü temas uzunluğudur. Çünkü Smith'e göre, bir dolgu panelin diyagonal rijitliği ve dayanımı, panelin sadece malzemesine kalınlık ve boyutlarına değil, aynı zamanda panelin yerleştirildiği çerçeveye olan temas uzunluğuna da bağlıdır. Geliştirilen yöntemde dolgu duvar eşdeğer basınç çubuğu olarak ele alınmış, yatay yük basınç çubuğunun etkili genişliği ( $w$ ) arasındaki ilişki, artan yatay yüklemeye karşılık azalan etkili genişlik ( $w$ ) eğrileri şeklinde grafiksel olarak tanımlanmıştır.

Fiorata ve ark. (1970), farklı dolgu malzemesi kullanılarak hazırlanmış tek katlı-tek açıklıklı, beş katlı-tek açıklıklı ve iki katlı-üç açıklıklı model çerçeve

deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Deneysel çalışmalarda çerçeve donatısının miktarı, kalitesi ve yerleşim düzeni, kolonlara uygulanan düşey yükün şiddeti, duvar boşluklarının büyüklüğü, şekli ve konumları belirleyici parametreler olmuşlardır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, dolgulu çerçeve sisteminin yatay yük etkisi altında, dolgu duvarlarda kayma çatlakları oluşuncaya kadar bir konsol giriş gibi davrandığı, çatlak oluşuktan sonraki davranışın diyagonal takviyeli bir çerçevenin davranışına benzediği ileri sürülmüştür. Çerçeve-duvar ortak davranışının, boş çerçeveye göre daha fazla taşıma gücüne ve rijitliğe sahip olduğu, fakat süneklilikte aynı oranda bir azalmanın olduğunu belirtmişlerdir.

Mallick ve Garg (1971), bir katlı boşluklu dolgu duvarlı çerçeve modelleri deneyerek, pencere ve kapı gibi boşlukların dolgulu çerçeve sisteminin yatay rijitliği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda boşluğun yerinin basınç diyagonaline yaklaşmasının dolgu duvar-çerçeve sisteminin davranışını kötü olarak etkilediği sonucuna varılmıştır. Boşlukların yüklenen diyagonalin herhangi iki ucundan birinde bulunmasının, yapısal olarak uygun olmadığını ortaya koymuşlar, kapı boşluğunun panelin alt yarısının merkezine, pencere boşluğunun ise panelin dik kenarına olabildiğince yakın olacak şekilde orta yüksekliğe yerleştirilmesini tavsiye etmişlerdir. Deney sonuçları ile sonlu elemanlar metodu kullanılarak elde ettikleri değerlerin uyum içinde olduğu anlaşılmıştır.

Ersoy ve ark. (1971), dolgulu çerçevelerin davranışını ve dayanımını incelemek amacıyla, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma kurumunun desteği ile O.D.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümünde yapılan araştırma projesinde, değişik yükler altında dokuz adet betonarme dolgulu çerçeve denenmiştir. Yapılan deneylerle bu çerçevelerin yük taşıma kapasitesi ve rijitliğine etkisi olacağı düşünülen çerçeve açıklığının, çerçeve yüksekliğine oranı, dolgu kalınlığı, dolgu ile çerçeve arasında aderansın mevcut olup olmaması, çerçeveye etkiyen yatay yükün düşey yüke oranı gibi değişkenler incelenmiş, buna göre teorik çözüm metodu olarak da basınç çubuğu analojisi benimsenmiştir. Yatay yük tesiri altında yüklenmemiş köşelerde dolgu ile çerçeve arasında başlayan ayrılma çatlakları statik analizi, diyagonal basınç çubuğu yaklaşımını esas alınarak STRESS (Structural Engineering System Solver) bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sachansky ve Brankov (1973), dolgu duvarlı betonarme binaların büyük deprem yüklerinin etkisinde davranışını incelemişlerdir. Altı katlı betonarme bir binayı boşluklu ve boşluksuz dolgu duvarları göz önüne alarak hesaplamışlardır. Boşluklu ve boşluksuz dolgu duvarlarını eşdeğer basınç çubuklarıyla modellemişlerdir.

Riddington ve Stafford Smith (1977), dolgu duvarlı çerçeveleri çözmek için bir sonlu elemanlar programı geliştirmiştir. Üç tip dolgu duvarlı çerçeve çeşitli parametrelerin etkilerini incelemek için hesaplanmıştır. Bu parametreler dolgu duvar ve çerçeve birleşimlerinin özellikleri, dolgu duvarın uzunluğunun yüksekliğine oranı, relatif rijitlik parametresi ve kolon-kiriş birleşiminin rijitliğidir. Dolgu duvarlı çerçevenin yatay ötelenmesini hesaplamak için kullanılacak basınç çubuğunun efektif genişliğinin çubuk uzunluğunun onda birine eşit alınmasının güvenilir olduğu önerilmiştir.

Klinger ve Bertero (1976), dolgu duvarlı çerçevelerin depreme dayanımını araştırmak üzere, betonarme dolgu duvarlı çerçeve sistemini yatay yük altında test etmişlerdir. Hazırlanan çerçeve sistemi 11 katlı ve 3 açıklıklı bir binanın bir parçası olarak düşünülmüş ve 5.5 katlı ve 1.5 açıklıklı (kat ve açıklık ortalarında kesilmiş şekilde) olarak inşa edilmiştir. Çerçeve sisteminin açıklığı 2.03 m, yüksekliği ise 0.914 m olarak öngörülmüştür. Yatay yükleme, çerçeve sisteminin en üst kısmından yapılırken, kolonlara aksel basınç kuvveti de uygulanmıştır. Referans olarak bir adet de boş çerçeve sistemi hazırlanmıştır. Sonuçlara göre dolgu panellerinin, %500 oranında bir rijitlik artışına sebep olduğuna ve maksimum yatay dayanımının da 50 kN'dan 300 kN'a çıktığını ve bu artışın özellikle servis yükleri ve orta büyüklükteki yer sarsıntılarında, binanın davranışını olumlu olarak değiştirdiğini ifade etmişlerdir.

Axley ve Bertero (1979), çalışmalarında, dolgu panellerinin rijitliğe katkısını ve çerçeve dolgu panel sistemlerinin davranışını araştırmışlardır. Bu amaçla, malzeme özellikleri ve çerçeve boyutlarını sabit tutarak, öncelikle panel yüksekliğini değişken kabul etmişler, daha sonra panel yüksekliğini de sabit tutarak sadece panel kalınlığını değiştirerek inceleme yapmışlardır. Elde edilen yanal rijitlik ve dönme rijitlik katkı analizleri sonuçlarının uyum içerisinde olduğu gösterilmiştir.

Meli ve Bazan (1980), tuğla duvarların deprem hesabı için tekrarlanan yükler altında sismik davranışını analitik olarak araştırmışlardır. Tuğlanın davranışını lineer ve kırılma sonrası aşamada modelleyip lineer olmayan bilgisayar programı geliştirmek için kırılma kriterleri oluşturulmuştur. Önerilen modeller farklı şiddetteki yükler altında analiz edilerek, sonuçları, elastik davranış ile karşılaştırılmıştır. Tuğla duvarların lineer ve çatlama sonrası dönemdeki davranışı modellenmiştir. Bu çalışmanın ışığında tuğla duvarların monotonik yatay yük altında lineer olmayan sonlu elemanlar analizinin duvarın yük-deformasyon eğrisi ve çatlak gelişiminin tahmininde başarılı olduğu fakat bu yaklaşımdaki nümerik eforun çok fazla olmasının pratik faydayı azalttığı sonucuna varılmıştır. Bu yaklaşımda, çerçeve ve dolgu arasındaki ayrılma ve kayma sebebiyle, yatay rijitlikteki azalmayı göz önüne almak gerekmektedir. Çerçevenin ayrılma ve kaymasından sonra dolgu duvarın esas olarak bir basınç çubuğu şeklinde çalıştığı sonucuna varılmıştır.

Bertero ve Brokken (1981), betonarme bina çerçevelerine, tuğla ve hafif beton dolgulu duvarlarının etkilerini deneysel ve analitik olarak incelemiştir. Çalışma sonucunda bina çerçevelerinin sismik davranışının dolgu duvarlarının etkisiyle önemli ölçüde değiştiği sonucuna ulaşılmış ve hesaplarda dolgu duvarların yapısal sisteme etkilerinin göz önüne alınmasının duvarları yapısal sistemden izole etme yöntemine göre daha pratik ve gerçekçi olduğu sonucuna varılmıştır.

Riddington (1984), duvar üzerindeki boşlukların dolgu duvar çerçeve etkileşimine olan etkilerini incelemiştir. Bu tür boşlukların çerçeve sisteminin hem rijitliğini hemde dayanımını düşürdüğünü tespit etmiştir. Deneysel çalışmalar neticesinde, dolgu çerçeve sisteminde diyagonal yönde çatlaklar ve köşelerde eğilmeden dolayı ezilme türü kayıpları gözlemlemiştir.

Page ve Dhanasekar (1986), tuğla dolgu duvar özelliklerinin dolgu duvarlı çerçeve davranışına etkilerini sonlu elemanlar metodunu kullanarak incelemiştir. Modelde dolgu duvarın lineer olmayan deformasyon özelliklerinin ve harç bağlantılarının dolgu duvar davranışına etkileri göz önüne alınmıştır. Dolgu duvarlı çerçevenin deneysel davranışının sonlu elemanlar modeli ile başarılı olarak temsil edebildiği anlaşılmıştır. Araştırmacılar hesap ve deneysel çalışmalarının ışığında sadece relatif rijitlik parametresinin değil de dolgu duvarın kesme ve çekme

dayanımlarının basınç dayanımına oranlarının dolgu duvarlı çerçeve davranışına önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Zarnic, Tomazevic ve Velehousky (1986), çalışmalarında dolgu duvarlarının yapıya yararlı ve zararlı yönde etkilerinin olduğunu belirtmiştir. Buna göre; dolgu duvarların etkisinin analizlerde dikkate alınması durumunda inşasında da buna dikkat edilmeli, şayet dolgu duvarların etkisi hesaplarda dikkate alınmıyorsa inşa sırasında da dolgu duvarlar uygun derzlerle sistemden koparılmalıdır.

Govingdan (1986), yapmış olduğu çalışmada tuğla dolgu duvarların dayanım, süneklilik ve enerji sönmüleme gibi karakteristik özelliklerini araştırmak için dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız 7 katlı betonarme çerçeve model sistemleri olarak gerçekleştirmiştir. Dolgu duvar çerçeveli olarak ele alınan modellerin dayanım bakımından duvarsız çerçeve modellerine göre 2 kat oranında ve maksimum dayanım anında yanal sünekliliğin ise %3.7 oranında arttığını, dolgu duvarsız durumda bu oranın ancak %1 seviyelerine ulaştığını gözlemlemiştir.

Wasti ve Gülkan (1993), bir başka çalışmada, sonlu elemanlar metodunu kullanarak çok açıklık veya çok katlı genel çerçevelerin temel birimi olarak bir katlı ve bir açıklıklı değişken yükseklikte dolgu duvarlı çerçevelerini ele almışlar ve çerçevelerin lineer olmayan davranışını incelemiştir. Çerçeve, elastik kolon kiriş elemanları ile, dolgu ise lineer olmayan iki boyutlu izoparametrik elemanlar ile modellenmiştir. Dolgu malzemesi farklı yüksekliklerde alınabilmektedir. Farklı yüksekliklerde Çerçeve rijitliğini belirleyen kuvvet- deplasman ilişkisi, artan yanal yük altında incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Dolgu duvarlı çerçevenin rijitliğinin yatay yük seviyesinin bir fonksiyonu olduğunu tespit etmişlerdir. Yatay kırılma yüküne yaklaştıkça rijitlik düşmektedir. Kısmi dolgu duvarlarda, dolgu duvar yüksekliği toplam yüksekliğin %40'ından az ise duvarın çerçeve rijitliğine etkisinin ihmal edilebileceğini belirtmişlerdir. Bunun sonucunda da dolgu duvarlı çerçevelerin iç kuvvet dağılımı duvarlar hesaba katılmadığı duruma göre çok değişmekte ve bu etkinin göz önüne alınmaması yapısal eleman boyutlandırılmasında ve doğal periyot hesabında hatalara yol açacağını göstermektedir.

Çıtıptıoğlu ve ark. (1997), binaların yük taşımadığı varsayılan dolgu duvarları ile taşıyıcı sistemleri arasındaki etkileşimi için, tasarım pratiğinde

kullanılabilecek bir metod geliştirilmiştir. Literatür çalışmalarında iki boyutlu çerçeveler için yapılan analitik ve deneysel çalışmalar sonucunda yük taşımayan bölme duvarının "eşdeğer basınç çubukları" ile modellenebileceğinin uygun olduğu görülmüştür. Basınç çubukları için kullanılabilecek kesit alanı, elastisite modülü, kırılma yükü gibi bazı özellikleri hesaplamak için grafik ve analitik yöntemler verilmiştir. Ancak, basınç çubuğu yönteminin üç boyutlu eşdeğer statik deprem hesabında nasıl uygulanacağı belirlenmemiştir. Çalışmanın birinci kısmında eşdeğer basınç çubuğu parametrelerinin hesaplanması için mevcut literatür kullanılarak hazırlanan bilgisayar yazılımlarıyla, çeşitli tipteki dolgu duvarlar için eşdeğer basınç çubuğu parametrelerinin hesaplanmasını sağlayarak, eşdeğer statik yüke kadar, varsa kırılan bölme duvarlarını tespit edip ardışık duvar kırılmalarını hesaba katmışlardır. Ayrıca elde edilen sonuçlar ışığında yük taşımayan bölme duvarlarının eşdeğer statik deprem yükü altında elastik limit aşılmadan kırılabileceği görülmüştür.

Sonuvar (2001), beş adet iki katlı, tek açıklıklı, 1/3 oranında betonarme çerçeveler pratikte sıkça rastlanan hatalara sahip olarak üretilmiş ve tersinir yükler altında hasara uğratılmıştır. Hasarlı bu çerçeveler yerinde döküm dolgu duvarlar ile güçlendirilmiş ve yeniden tersinir yükler altında deneyerek, performansları incelenmiştir. Deneysel çalışma sonuçlarına göre elemanların mukavemet, rijitlik, enerji tüketme ve ötelenme özellikleri irdelenmiştir. Analitik kısımda ise betonarme dolgu duvarların eşdeğer çubuk elemanlar ile modellenmesi üzerine çalışılmış; sonuçlar deneysel verilerle ve sıkça kullanılan bir analitik modelin sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Bell ve Davidson (2001), dolgu panel çerçevelerin deprem riski altındaki yapı standartlarına göre değerlendirilmesi isimli çalışmalarında betonarme yapıları oluşturan tuğla dış duvarların mevcut yeni zellanda standardına göre güvenilirliği yeterli olup olmadığını yumuşak kat, kısa kolon vb.olumsuz etkileri azaltabilecek ne tür düzenlemelerin yapılabileceğini araştırmış ve duvar modellemesinde eşdeğer basınç çubuğu metodunu kullanarak Fema 273 ve Eurocode 8 şartnamelerinden faydalanmışlardır.

Asteris (2003), yanal yükler altında tuğla dolu çerçevelerin yeni bir sonlu elemanlar metoduyla analizini gerçekleştirmişlerdir. Bu teknik uygulanırken duvar

üzerindeki boşlukların, yapının rijitliğine olan etkileri de incelenmiştir. Parametrik etki bakımından açıklığın konumu ele alınarak tek katlı, tek açıklıklı sistem üzerinde odaklanılmıştır. Çalışma genişletilerek çok katlı, kısmi veya tam tuğla duvar dolu çerçeve sistemlerde ele alınmıştır. Bu tür binalar ve oluşumlar da yanal yükler altında çerçeve sistemde meydana gelen etkilerde incelenmiştir. Hangi kuvvetlerde ne oranlarda değişimler meydana geldiği araştırılmış, kesme kuvveti üzerinde meydana gelen değişimler, yumuşak kat vb. olumsuz bina düzensizlikleriyle bu tür oluşumların kolonlarda ve çerçevede oluşan kesme kuvvetinde ne tür farklılıklar yaptığını araştırmışlardır.

Kaltakçı ve Köken (2003), çalışmalarında dolgu duvarlarının deprem gibi yatay yük altındaki çelik çerçevelerin davranışına olan etkilerini araştırmak üzere, deneysel ve analitik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Deneysel bölümde, değişik geometrik ve yapısal özellikteki 18 adet çelik çerçeve sistemini deprem etkisini benzeştiren tersinir-tekrarlanır yatay yükleme altında test etmişler, dolgu çelik çerçeve sistemlerinin taşıma gücü, dayanım, rijitlik, enerji tüketme kapasiteleri, göçme şekilleri vb. özelliklerini araştırmışlar ve analitik çözümlemede eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımıyla çelik çerçevelerin göçme yükü, göçme şekli ve başlangıç rijitliklerini elde etmeye çalışmışlardır.

Diptesh ve Murty (2004), beş farklı betonarme çerçeveli tuğla duvarlı yapıyı Nepal yapı kodu 201, Eurocode 8 cod ve Hindistan deprem yönetmeliğine göre eşdeğer basınç çubuğu metoduyla çözerek davranışın anlaşılmasına ve tasarıma yönelik çözümler yapmışlardır.

Sayın ve Kaplan (2005), betonarme yapılarda taşıyıcı eleman olarak ele alınmayan, yalnızca ağırlık olarak sistem analizlerinde yer alan dolgu duvarların taşıyıcı sisteme olan yatay yük kapasitesini arttırıcı ve rijitlik bakımından olumlu etkilerini araştırmak üzere, tek katlı ve tek açıklıklı çerçeve sistem üzerinde 3 farklı dolgu duvar modellemesi yapmışlardır. Bitişik nizam binalarda dolgu duvar rijitliği bakımından meydana gelen burulma düzensizliğinin araştırılması için 3 boyutlu, her iki yönde 4 açıklığı olan 5 katlı betonarme bir binayı zemin kattaki dolgu duvarları kaldırarak yumuşak kat etkisini de araştırmak için göz önüne alarak, SAP2000 ve sta4cad yapı analiz programıyla modellemişlerdir. Yapılan çalışmaların sonucunda;

dolgu duvarlı çerçeve, iki boyutlu düzlemsel çerçeve üzerinde deneysel çalışmalardan elde edilen bulgular doğrultusunda diyagonal basınç çubuğu olarak modellenip yatay yük etkisine maruz bırakıldığında, çıplak çerçeveye oranla daha rijit davranabildiği görülürken, dolgu duvarların etkisi ile taşıyıcı sistem geometrisi simetrik olan yapılarda burulma düzensizliğinin oluşabileceğini, dolgu duvarın genişliğini diyagonal çubuk uzunluğunun  $\frac{1}{4}$ 'ü ve kalınlığını ise mevcut tuğla kalınlığı olarak, duvarı basınç çubuğu olarak modellemenin, yapılmış olan laboratuvar çalışmalarıyla uyum içinde olduğu sonucunu bulmuşlardır.

Güney 2005, dolgu duvarlı betonarme çerçeve yapıların malzeme açısından doğrusal olmayan üç boyutlu analizinde kolon ve kiriş için bir çerçeve sonlu elemanı modeliyle dolgu duvarlar için eşdeğer çapraz çubuk modeli ele almışlardır. Yukarıda bahsedilen modelleri içeren bir bilgisayar programı oluşturmuş ve çerçeve elemanın etkinliğini test ederek program sonuçlarını deneysel sonuçlarla karşılaştırmıştır.

Öztürk (2005), çalışmasında boşluklu tuğlalı dolgu duvarların betonarme binaların yanal davranışına olan etkilerini incelemiştir. Bu amaçla iki farklı binayı durum çalışması olarak duvarlı ve duvarsız şekilde modellemiştir. Kolon alanı ve dolgu duvarların kat içinde dağılımı gibi parametreleri incelemiş ve her bir parametrenin etkisini anlayabilmek için binaların yanal ötelenme oranlarını hesaplayarak birbirleriyle karşılaştırmıştır.

Güney ve Boduroğlu (2006), dolgu duvarların sahip oldukları rijitliğin yapıların gerek simetrik gerekse asimetrik plana sahip olması durumunda, deprem etkisi altında yapı davranışını etkileyeceği düşünmüşlerdir. Burulma tepkisi beklenmeyen simetrik planlı yapılarda oluşan etkileri inceleyebilmek için seçilen simetrik ve asimetrik yapı modelleri hesaplanarak, farklı deprem etkileri altında tepkileri yorumlanmıştır. Çalışmada taşıyıcı elemanlar ve duvarlar, malzeme bakımından lineer olmayan şekilde modellenmiş ve bir bilgisayar programı yazılarak, duvarların yapıların dinamik ötelenme ve burulma tepkisine yaptığı katkılar araştırılmıştır.

Tekin ve ark. (2007), dolgulu betonarme çerçevelerin yatay yük kapasitelerinin belirlenmesinde yapısal ve yapısal olmayan her iki elemanın doğrusal olmayan davranışlarını dikkate almışlardır. Dolgulu betonarme çerçevelerin tüm

eleman malzeme özelliklerinin gerçeğe daha yakın kabullerle SAP2000 programı ile doğrusal olmayan çözümünü gerçekleştirmişlerdir. Önerdikleri yöntem ile dolgulu ve dolgusuz dört katlı üç açıklıklı düzlemsel betonarme çerçevelerin çizilen kapasite eğrileriyle dayanımlarını araştırmışlar ve dolgulu çerçevelerin yatay yük taşıma kapasitelerinin dolgusuz çerçevelere göre %40 daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Anıl ve Altın (2006), günümüzde yerinde dökme kısmi dolgulu betonarme yapıların güçlendirilmesi ile ilgili yaptıkları çalışmalarında yanal yükler altında kısmi dolgu duvar ile güçlendirilen betonarme çerçevelerin sünekliliğini araştırmışlardır. Tek katlı, tek açıklıklı, 1/3 oranında 9 adet numune tersinir yanal yükler altında test edilmiştir. Kullanılan kolon ve kirişlerin boyutları 100 x 150 mm ve 150 x 300 mm dir. Kısmi dolgu duvar belirlenen yükseklik ve genişlikte değişik şekillerde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; kısmi duvarın l/h oranı arttıkça çerçevenin yanal rijitlik ve dayanımında arttığı, dolgu duvar ve çerçeve arasındaki bağlantısında dolgulu çerçeve sistem davranışına etki ettiği belirlenmiştir.

Çağlayan (2006), sonlu elemanlar programı ile dolgulu çerçevelerin doğrusal olmayan çözümünü gerçekleştirmişlerdir. Taşıyıcı sistemi oluşturan betonarme elemanlar, çubuklar ile dolgu elemanlar eşdeğer diyagonal basınç çubukları ile modellenmiştir. Eşdeğer diyagonal basınç çubukların genişlikleri, kısmi dolgu duvarlı çerçeveleri de kapsayacak şekilde verilmiştir. Betonarme elemanların mafsallaşmalarında kirişlerde moment ve kesme etkileri kolonlarda aksel yük, moment ve kesme etkileri, dolgularda da sadece aksel yük etkileri dikkate alınmıştır. Kirişlerin taşıma kapasiteleri ve kolonların karşılıklı etki diyagramları eleman geometrik ve malzeme özelliklerine göre belirlenmiştir. Önerilen yöntem ile çeşitli dolgu düzensizlikleri içeren dört katlı düzlemsel betonarme çerçevede, kapasite analiziyle yapılan dayanım ve rijitlik değişimi araştırılmıştır.

Dündar (2006), bölme duvarların betonarme yapıların deprem davranışına etkilerini incelemiştir. Çeşitli düzlem çerçeve modelleri ve bölme duvarlar için sonlu elemanlar, çoklu payandalı modeller kullanarak SAP2000 Yapı Analiz Programı ile analizlerini yapmış ve deneysel sonuçlarla karşılaştırmıştır. Bölme duvarlar için

uygun modelleme yönteminin belirlenmesinden sonra, 2 ve 7 katlı bölme duvarlı ve duvarsız yapıların belirlenen deprem yüklerine göre analizlerini yapmış ve ACI 318-99 Betonarme Tasarım Yönetmeliğine göre boyutlandırılarak sonuçları karşılaştırmıştır. Çalışmalarda hazırlanan duvarlı yapı modelleri için duvar ile betonarme çerçeve arasındaki etkileşiminde, bitişik duvar ve çerçeve düğüm noktalarının birbirleri ile bağlantısını sağlamak amacıyla aksel basınç kuvveti ileten fakat çekme kuvveti transfer etmeyen görel olarak oldukça rijit kütle ve ağırlığı olmayan çubuk elemanlar tanımlanmıştır. Duvarın etkisinin yük dağılımını değiştirdiği, taşıyıcı elemanlardaki kesit tesirlerinin bazı noktalarda duvarsız modellerdekine göre daha yüksek çıkmasına sebep olduğunu belirlemiştir. Analizlerde duvarlı modellerde yapı periyotlarının duvarsız eşdeğer modellere göre gözle görülür oranda düştüğünü ve bunu da eşdeğer deprem yöntemine göre belirlenen deprem kuvvetlerinin de farklı elde edilmesine kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Çağatay (2007), çalışmada dolgu duvar yüksekliğinin binanın kısa kolon kesme kuvvetine etkisi incelenmiştir. Yapının dolgu duvarsız ve değişik oranlarda dolgu duvar yüksekliği olması durumunda boşluk oranının kesme kuvvetine etkisi araştırılmıştır. Yapıda döşemeler rijit diyafram kabulü yapılarak modellenmiştir. Yapının deprem analizi dolgu duvar uzunluğu yönünde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak SAP2000 programı ile yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda dolgu duvardaki boşlukların dolgu duvarların bağlandığı kolonların kesme kuvvetini önemli derecede etkilediği görülmüştür.

Mondal ve Jain (2008), fonksiyonel olarak bırakılan kapı veya pencere tarzı boşluklu dolgu duvarları ele almışlardır. Dolgu duvarların hesabında genelde basınç çubuğu modeli kullanılıyor olunmasına karşın bu modelde, kapı veya pencere boşluklarının etkilerinin göz önüne alınması için diyagonal çubuğun etkili genişliğini azaltma faktörünü kullanarak, başlangıçtaki yanal rijitliğin, tüm dayanımın %10 'u olması esasına göre yapmışlardır. Açıklıklar arttıkça rijitlikte azalmalar meydana gelmektedir. Çalışmada, sonlu elemanlar ve eşdeğer basınç çubuğu olmak üzere 2 analiz metodu kullanılmıştır. Örnekler tek açıklıklı tek katlı, tek açıklıklı çok katlı,

boşluklu ve boşluksuz çerçeve sistemleri olarak, sonlu elemanlar metoduyla SAP2000 V-8 versiyonuyla çözülmüştür.

Beklen (2009), dolgu duvar olarak kullanılan tuğlanın elastisite modülü ve dolgu duvar modellerini SAP2000 programı ile analizlerini yapmış, farklı düzlem çerçevelerin yatay yükler altında, dolgu duvarlar için eşdeğer basınç çubuğu modeli ve sonlu elemanlar modeli kullanılarak sonuçlarını karşılaştırmıştır. Üç boyutlu bina modellemelerinde 5 katlı ve 10 katlı, farklı kolon boyutlarına ve dolgu duvar malzemesi olarak tuğla ve gazbeton kullanılan bina örneklerinin deprem analizlerini yaparak, dolgu duvarları eşdeğer basınç çubuğu ile modellemiştir. Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız çerçevelerin analiz sonuçları karşılaştırmıştır. Ayrıca, düzlem çerçeve ve üç boyutlu çerçeve örneklerinde dolgu duvarda meydana gelen kısa kolon, yumuşak kat ve burulma düzensizliğini araştırmıştır. Bu çalışma sonucunda, dolgu duvarların rijitlik, periyod, yatay deplasman, taban kesme kuvveti ve bina davranışını etkilediğini tespit etmiştir.

Çağatay ve Beklen (2009), dolgu duvar yüksekliğinin sebep olduğu kısa kolon kesme kuvveti değişimini tek açıklıklı düzlem çerçevelerden beş açıklıklı düzlem çerçeveye kadar yatay tekil yük etkisi altında incelemişlerdir. Çerçeve uzunluğu 5 m ve 10 m seçilerek kısa kolon boyuna belirli artımlarla duvar eklemişler, yapılan analizler sonucunda kolon kesme kuvvetinde önemli değişimler olduğunu tespit etmişlerdir.

## 2.2. Tuğla Duvar Çalışmaları

Burns (1972), düşey yükler altındaki betonarme olmayan tuğla duvarlara yönelik çalışmasında 4 farklı duvar tipini ele alarak 10 ve 16 sayıda duvar modelleri oluşturarak merkezi ve eksantrik olarak düşey yüke maruz bırakmıştır. Tuğla duvarın gerilme şekil değiştirme parametrelerinin eldesinde geçerli olan 2 teoriyi uygulamış deneysel datalarla karşılaştırmıştır. Deney sonuçlarına göre düşük gerilmeler altında tuğla duvar üzerinde reaksiyon deneyleri yaparak gerilme deformasyon ilişkisini incelemişlerdir.

Dhanasekar ve ark. (1985), asal eksene göre alınan çeşitli açılarda yatay derzlerle hazırlanan, tam dolu tuğlalardan oluşturulan numuneler kare paneller üzerinde iki eksenli yüklemeye maruz bırakılarak tuğla ve dolgu duvarın arasında basit bir nonlinear gerilme-şekil değiştirme ilişkisini elde etmeye yönelik çalışmalar yapmışlardır. Bu makroskopik elastik ve nonlinear gerilme şekil değiştirme ilişkisi bir kaç harç noktasını da içine alan master uzunluğu boyunca alınan deplasman ölçümlerinden çıkarılmıştır. İlk elastik davranış ortalama olarak izotropik davranışa yakın bulunurken, nonlinear davranış çoğunlukla düğümde meydana gelen deformasyonlardan ve yatay derze paralel ve normal eksen olarak adlandırılan gerilme ve şekil değiştirmeden etkilenmektedir. Yatay derz üzerindeki kayma gerilmesinin, normal gerilmeye oranının 1'den büyük olduğu durumların dışında, verilen birim şekil değiştirme sadece karşılık gelen gerilmeyle eşdeğerdir. Sonraki durumda ise bilinear ilişki daha uygun olarak görülmüştür. İki eksenli basınç-basınç, basınç-çekme gerilme deneyleri 180 panel üzerinde yarım ölçekli tuğlalar ile uygulanmıştır. Panelin boyutu kare olarak 360 mm iken kullanılan harç karışım oranı 1:1:6 (hacimsel olarak sırayla çimento, kireç, kum)'dır. Kullanılan yarım ölçek tuğlaların boyutları 110x 50x35 mm'dir. Standart dışı kullanılan tuğlaların boyutları ise 110 x 50 x 230 mm'dir.

McNary ve ark. (1985), basınç etkisi altında duvar mekanizması çalışmalarında, birkaç tuğla üzerinde tek eksenli, iki eksenli ve üç eksenli deneyler gerçekleştirmiş, konsantrik basınç yüklemesiyle killi birim duvar numunesinin dayanım ve deformasyonunu araştırmışlardır. Ayrıca tuğla üzerinde iki numune ve

üç farklı harç malzemesi olarak iki eksenli, harç üzerinde üç eksenli basınç deneyleri yaparak her bir malzemeye ilgili ana özellikleri, harç dayanımı ve farklı türdeki tuğla çalışmalarıyla ele almışlardır.

Naraine ve Sinha (1989), periyodik basınç yükü etkisi altında, tuğla duvar çalışmaları yapmışlardır. 700x700x230 mm boyutlarında, 230x110x70 mm ebatlarında tuğlayla 10 mm derz mesafeli prizmatik elemanlar yapmışlardır. Deneysel çalışma sonrasında tuğlalarda meydana gelen ayrılmalar yatay derze göre değerlendirilmiştir. Düşey olarak yüklenen tuğlalarda yatay derz yönünde panel düzlemine paralel olarak ayrılmalar tespit etmişlerdir. Yatay derze paralel olarak yapılan yüklemelerde ise oluşan ayrılmalar düşey yöndeki derz noktalarında tespit edilmiş, yani ayrılmalar bu yönlerde gerçekleşmiştir. Periyodik yüklemeli gerilme-deformasyon zarf eğrilerinde 2 ve 3 noktada pik değeri tespit edilmiş, eğriler çakışmıştır. Tekrarlayan noktalar tespit edilmiş, bu ortak ve sabit noktaları da içine alacak şekilde genel bir analitik formül çıkarılmıştır. Her iki yükleme durumunda da yüksek eksenel deformasyon altında yanıl deplasmanda geniş bir yanıl varyasyon gözlemişlerdir.

Mehrabi ve diğ. (1996), çerçeve deneylerinde, çeşitli tip tuğladan oluşan dolgu duvarlar kullanılmış, tuğla cinsine göre dolgu duvarların taşıma kapasiteleri ölçülmüştür. Boşluksuz tuğlalı çerçevelerin, boşluklu tuğlalara nazaran yük taşıma kapasitelerinde %25 oranında artış kaydedilmiştir.

Negro ve Verzeletti (1996), dolgu duvarlı ve duvarsız 1/1 ölçekli 4 katlı betonarme yapı üzerinde bir dizi deneysel çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında dolgu duvarlı yapının dolgu duvarsız yapıya oranla yük taşıma kapasitesinde 1,5 kat artış belirlemişlerdir.

Alshebani ve Sinha (1999), çalışmalarında laboratuvar ortamında bir çok seri yarım ölçekli kum ağırlıklı tuğla duvar panellerini olarak periyodik eksenel yük altında test etmişlerdir. Panel numuneleri üzerindeki çalışma hem derzlere paralel hemde derzler dik olacak şekilde kırılarak ayrılma olana kadar periyodik yüklemeye sürdürülmüştür. Periyodik basınç etkisinden tuğla ve düşey derzde meydana gelen eş zamanlı çatlaklarla, yatay derzde meydana gelen ayrılmaların, derze paralel ve dik olarak uygulanan yüklemelerden olduğunu tespit etmişlerdir.

Gerilme ve deplasman ilişkisini veren karakteristik eğriler her iki durumdaki yükleme için elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, verilen maksimum gerilme değerinin kırılmaya neden olan gerilmenin 2/3 olduğunu ve bu gerilme değerinin ise periyodik yüklemekten dolayı malzeme üzerindeki plastik şekil değiştirmeye bağlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Asteris ve ark. (2003), duvar davranışını yansıtmaya amaçlı olarak ortotropik sonlu elemanlar modelini kullanmışlardır. Duvarı oluşturan malzemelerle ilgili olarakta anizotropik nonlinear deformasyon karakteristik davranış kabulü yapmışlardır. Parametrik çalışmayla yükleme alan uzunluğunun, toplam uzunluğa oranı, duvarın ucundan itibaren yükün uygulama mesafesi ve duvarın geometrisi gibi birçok parametrenin elde edilmesinde kullanılmıştır.

Mohamad ve ark. (2006), çalışmalarında harçların 3 eksenli basınç gerilme kapasitesini Poisson durumunda araştırmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda gerilme deformasyon diyagramlarının nonlinear ve yanal gerilmenin artışına paralel olarak arttığını tespit etmişlerdir.

Gumaste ve ark. (2006), Hindistanda üretilen dolu tuğla ve tel kesimli tuğla ile güçlü tuğla- zayıf harç ve zayıf tuğla-güçlü harç kombinasyonlarıyla oluşturdukları tuğla duvarın dayanım, elastisite modülü gibi özelliklerini basınç yükü altında deneyerek araştırmışlardır. Çeşitli boyutlar da tuğla duvardan prizma ve panel oluşturarak boyut etkisini de içine alan ve farklı örüm teknikleriyle deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında tuğla duvar üzerindeki çatlakları ve ayrılma noktalarını da araştırırken, Hindistan duvar şartnamesine göre tuğla ve harç dayanımının bir fonksiyonu olarak oluşturdukları duvarın dayanımını veren bir ampirik ifade elde etmeye çalışmışlardır.

Hemant ve ark. (2007), tuğla duvar prizması üzerinde zayıf, orta ve güçlü harç karışımlarını alarak tek eksenli basınç deneyleri yaparak Hindistan duvar şartnamesine uygun, gerilme deformasyon modeli elde etmişlerdir. Yapılan deneysel çalışmalarda kullanılan numune boyutları yaklaşık olarak 230x110x75mm dir. Basınç yükü, deplasman kontrollü olarak, 400-410 mm'lik numuneler üzerinde uygulanmıştır. Tuğla duvarın elastisite modülü, gerilme değerleri vb. araştırmalar yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda tuğla duvarın elastisite modülünün duvar prizma

dayanımının 250~1000 katı kadar değer aldığını tespit ederlerken, ortalama olarak prizma dayanımının 550 katı kadarlık bir değer belirlemişlerdir. Tuğla duvar dayanımını, tuğla ve harcında etkilediğini bunun özellikle zayıf harçla örülen duvarlar üzerindeki testlerde belirgin olarak görüldüğünü tespit etmişlerdir. Bu nedenle istenilenden daha yüksek dayanımlı duvar örümünde çok sık olarak yüksek dayanımlı harç kullanılmaz. Kireçle oluşturulan harç ile örülen duvarın basınç deformasyonu kireçsiz olarak örülene göre %50 oranında bir azaltma yapmaktadır ki bu da kireçli harcın etkisinin basınç dayanımında yalnızca %13 oranında bir azaltma etkisi olduğunu göstermektedir. Bu nedenle pratikteki uygulamalarda, duvar harçlarına bir miktar kireç katılarak basınç deformasyonlarının az bir basınç dayanımı kaybıyla azaltılması önerilmektedir. Sayıca bir birini tekrarlayan birçok deneysel çalışma yaparak, duvar davranışını yansıtan gerilme deformasyon eğrilerini altı farklı kontrol noktasını içine alan analitik bir çalışmada yapmışlardır.

Vermeltfoort ve ark. (2007), duvarı oluşturan bileşenlerden olan harç ve tuğlanın deplasman ölçümlerine olan etkisini incelemişlerdir. Duvarı oluşturan tuğla ve harca basınç ve üç eksenli gerilmenin etkisini büzülme, nem ve bileşenlerin temas alan değerleri cinsinden araştırmışlardır. Bu amaçla çeşitli boyutlarda, sıkıştırılmış numune ve tuğla harç kombinasyonu test edilmiştir. Dokuz adet harç kombinasyonu, altı adet tuğla çeşidiyle denenmiştir. Merkezi bir noktadan uygulanan basınç kuvvetine ve çeşitli harç oranlarına göre yapılan deney sonuçlarında tuğla duvarın ve harcın elastisite modülü, basınç dayanımı, yanal deplasman değerleri araştırılarak, bu değerleri veren yaklaşık analitik ifadeler elde edilmiştir, davranışlara tuğla ve harcın kontak yüzeylerinin etkisinde araştırılmıştır. Yüzeyden 10-15 mm altta tuğlalarda başlayan ayrılmalar, yüklemelerin devam etmesiyle yüksek seviyeye ulaşarak tuğla ve harcın merkezi civarına kadar gelmiştir. Diğer bir çalışmalarında daha detaylı olarak anlattıkları ölçüm tekniğiyle kontak yüzeylerindeki düzensizliklerin deformasyonlar üzerinde çeşitli etkilerini tespit etmişlerdir. Basınç yükü altındaki dolgu duvar davranışını yansıtan modellemede duvar ve harç bileşenlerinin etkilerinin ayrı olarak ele alındığı standart deneylerden ziyade, tuğla-harç etkileşiminin beraber şekilde davranışa yansıtılmasının daha doğru olacağı sonucuna ulaşmışlardır.

Xiao (2009), duvarda meydana gelen çatlakların analizi için tuğla üç nokta yüklemesi, kırılma çeşitleri, duvar çatlak çeşitleri ve harç duvar arasındaki etkileşimin etkileri üzerine delikli ve dolu tuğla kullanarak kapsamlı araştırmalar yapmıştır. Çatlakların analizi için ülke standartlarını içine alan bilgisayar program kullanırken; çatlakların oluşumu ve ilerleyişi üzerine odaklanmış ve hem analitik hemde deneysel olarak irdemiştir. Çatlama parametreleri ile ilgili örneğin enerji salınım ve çatlama dayanımını türü daların elde edilmesinde sonlu elemanlar metodundan yararlanmış ve uygulamalarda karşılaşılabilecek noktaların öngörüsünün yapılmasıyla gerekli önerileri sunmuştur.

### 3. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde ilk olarak deprem analizi için kullanılan DBYBHY 2007'de belirtilen konulara kısaca değinilecektir. Tezin teorik kısmında araştırma konusu olan binalardaki dolgu duvarların davranışı, modelleme biçimleri ve dolgu amacıyla kullanılan malzemelerin özellikleri, deneysel kısımda kullanılacak tuğlaların fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında bilgi verilecektir. Son olarak örneklerin modelleme ve analizlerinin yapıldığı SAP2000N adlı üç boyutlu yapı analiz programından kısaca bahsedilecektir. Deneysel kısmı oluşturan malzemelerin detayı, kullanılan aletler ve özelliklerine de değinilecektir.

#### 3.1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007

Türk Deprem Yönetmeliği'nde, yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı olarak tasarımının ana ilkesi, binalardaki yapısal ve yapısal olmayan elemanların hafif şiddetteki depremlerde herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılması olarak tanımlanmıştır. Bu tanımdaki şiddetli deprem, bina önem katsayısı  $I=1$  olan binalar için, 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10 olan depremdir.

##### 3.1.1. Analiz Yöntemleri

Deprem etkisi altında bulunan bina veya bina türü yapıların, taşıyıcı sisteminde boyutlandırmaya esas olacak kesit tesirlerinin bulunmasında farklı üç çözüm yöntemi vardır.

###### 3.1.1.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Statik Analiz)

Bu yöntemde taşıyıcı sistemi kolon, kiriş ve perdelerden oluşan yapılarla etkileyen deprem yükleri, yapının kat hizaları seviyesinde etkileyen yatay yükler olarak

kabul edilir. Bu yatay yüklerin, binanın birbirine dik iki doğrultuda ayrı ayrı etkidiği varsayılarak, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda kesit tesirleri bulunmaktadır.

### **3.1.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi (Spektrum Analizi)**

Yapı davranışının, her bir serbest titreşim modunun deprem hareketine olan etkisinin ayrı ayrı bulunmasından sonra, uygun bir şekilde birleştirilmesi ile elde edilen bir çözüm yöntemidir. Yöntemin hesap tekniği tamamen elastik davranışa dayanmaktadır.

### **3.1.1.3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi**

Çözümü zaman alıcı olan bu yöntemde, gerçek deprem kayıtları veya onu temsil edebilecek kayıtlar kullanılarak, yapının dinamik analizi yapılmaktadır. Deprem yönetmeliği bu yöntemi, nükleer santraller gibi çok önemli yapıların tasarımında kullanılmasını önermektedir.

Bu çalışmada yukarıdaki analiz yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Atımtay (2000), depremin binada çok büyük elastik ötesi oluşumlara neden olduğunu, hangi hesap yöntemi kullanılırsa kullanılsın eksikler kalacağından bahsetmiştir. Ancak, kuvvetler dengesinin her zaman sağlanması gerektiğini ve bunun sağlanması şartıyla Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin kullanılacak basit bir yöntem olduğunu vurgulamıştır.

## **3.2. Betonarme Yapının Dolgu Duvarı**

Betonarme yapılarda dolgu duvarlar iç ve dış mekanların bölünmesinde kullanılırken, taşıyıcı olarak ele alınmamakta; yapısal analizlerde ise yalnızca düşey yük veya yapıya etkileyen sabit yük olarak dikkate alınmaktadır. Bayülke (2003), dolgu duvarın yapının deprem ve düşey yükler altında davranışına, rijitlik, taşıma gücü, periyot ve sönüm gibi dinamik özelliklerine önemli katkıları olduğunu, bu katkıların yapı hesap ve tasarımında genellikle dikkate alınmamasının nedeni olarak

dolgu duvar malzemelerinin dayanımlarının çok değişken olması yanında duvar dayanımına önemli katkısı olan işçiliğinin denetlenme zorluğundan da etkilenen duvar dayanımının çok değişken ve güvenilir olmazından kaynaklandığı üzerinde durmuştur. Bu yüzden dolgu duvarlar genellikle boşluklu olarak üretilmektedir. Boşluklar yapıya daha az yük gelmesini sağlarken, dayanım yönünden pek fazla katkı sağlamamaktadır (Yorulmaz ve Atan, 1971). Bununla birlikte, yapılan çalışmalara göre dolgu duvarların rijitlik katkısının kütle katkısına oranla daha çok etkin olduğunu göstermektedir (Ersoy ve Tankut, 1992).

Yapılardaki yatay yük taşımayacağı varsayılan bütün duvarların deprem yükleri karşısında taşıma güçlerine ulaşana kadar perde duvar gibi davrandığı, betonarme çerçevesiz yapılarda kolonlar arasındaki dolgu duvarların sınırlı da olsa yatay yük taşıma gücü olduğu belirlenmiştir (FEMA-178).

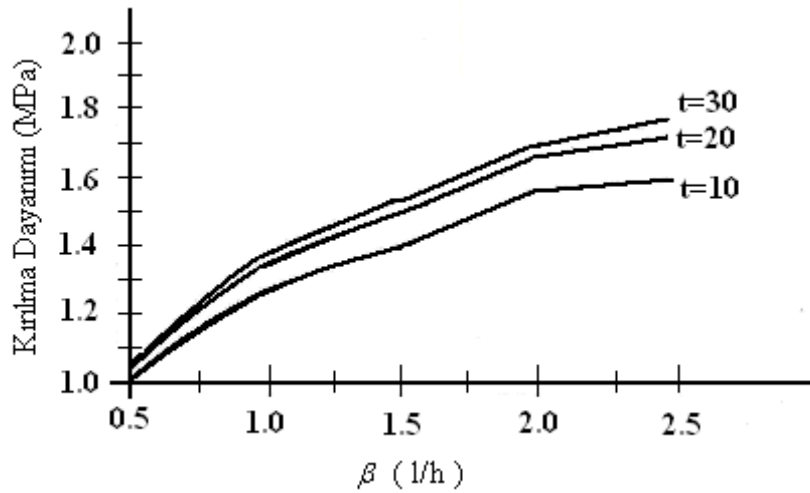
### **3.3. Dolgu Duvar Dayanımları**

Duvarların, duvar düzlemi içinde yatay derzlerine dik ve paralel etkiyen yükler altında dayanımları önemlidir. Derzlere dik yönde gelen yüklere dayanım duvarın basınç dayanımı, yatay yönde gelen yüklere dayanım kesme dayanımıdır. Deprem yükleri açısından duvarın kesme dayanımı önemlidir (Bayülke, 2003).

#### **3.3.1. Duvar Basınç Dayanımı**

Duvarın basınç dayanımı duvardaki blok, harç dayanımı, derzler konulan harç kalınlığı ve kullanılan harcın tazeliği gibi birçok yapı tasarım aşamasında bilinmeyen ya da sayısal olarak belirtilmeyen faktörlere bağlıdır. Genellikle duvar basınç dayanımı tuğla ya da blok basınç dayanımının %25 - %50'si kadardır. Düşük basınç dayanımlı tuğladan yapılmış duvarın basınç dayanımı duvar bloğunun basınç dayanımının %50'si, yüksek basınç dayanımlı tuğla ya da bloktan yapılmış duvarda ise duvar dayanımı duvar bloğunun basınç dayanımının % 25'i kadardır (Bayülke, 1992).

Betonarme binalardaki dolgu duvarlar için Türkiye’de kullanılan dolgu duvarların mekanik özellikleri baz alınarak, standart eğriler geliştirilmiştir. Türkiye’de çimento harcı ile örülmüş beton bloğa ait dolgu duvar tipinin kırılma dayanımı  $\beta$  ( l/h ) oranı cinsinden Şekil 3.1’de verilmiştir. Burada “t” dolgu duvarın kalınlığıdır. Dolgu duvarın kalınlığı arttıkça kırılma dayanımının arttığı şekilde de açıkça görülmektedir. Ayrıca  $\beta$  (l/h) oranı arttıkça 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 değiştirmektedir. Gazbeton ile örülmüş dolguduvarın kırılma dayanımı delikli tuğla ile örülmüş duvarın yaklaşık iki katıdır (Çıtıptıoğlu vd. 1997).



Şekil 3.1 Beton Blok ve Çimento Harcı ile Örülen Dolgu Duvar İçin Kırılma Dayanımı- $\beta$  oranı Eğrileri

### 3.3.2. Duvar Kesme Dayanımı

Duvar çatlayınca tuğla ile harç arasındaki yapışma (aderans) yok olur, duvarın kesme dayanımı bu çatlak ara yüzeyindeki tuğlalar ya da bloklarla harç arasındaki sürtünme kuvveti ile oluşur ve çatlak genişleyip duvar blokları birbirini üzerinde kaydırsa sürtünme alanı azalacağı için sürtünmeye bağlı kesme dayanımı da giderek azalır. Duvardaki düşey yük büyük ise sürtünmeye bağlı kesme dayanımı

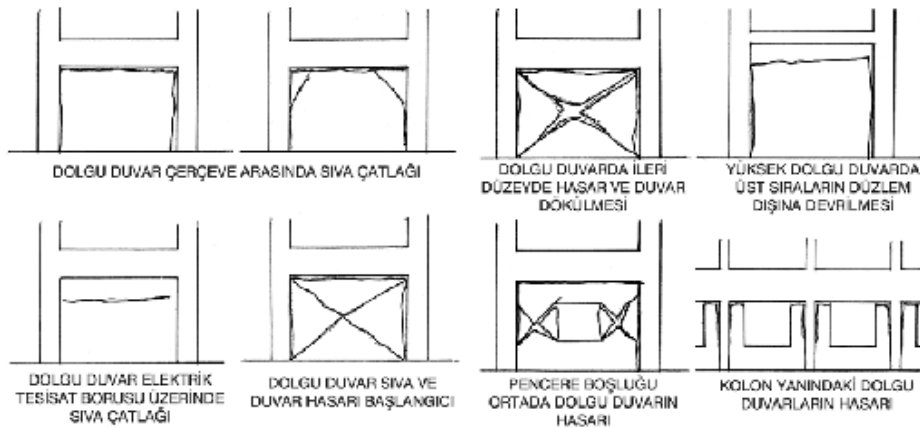
daha yüksektir. Betonarme çerçeveli yapıların dolgu duvarlarının nominal kesme dayanımlarının 1.0 ile 2.0 kg/cm<sup>2</sup> arasında olduğu kabul edilebilir. 350 cm açıklığında ve 20 cm genişliğinde bir dolgu duvarın düzlemine paralel olarak taşıyabileceği kesme kuvveti  $350 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1.0 \text{ kg/cm}^2 = 7000 \text{ kg}$ 'dır (Bayülke,2003).

### 3.4. Dolgu Duvarın Yapı içindeki Durumu

Dolgu duvarlar yapının betonarme çerçeve içindeki hacimlerini ayırmakta ve yapının dış kabuğunu oluşturmaktadır. Bu nedenle dolgu duvarlar çoğunlukla betonarme çerçevenin açıklıklarını doldurmakta ve betonarme kolonlar ve kirişler tarafından kuşatılmış bir düzlem oluşturmaktadır.

### 3.5. Betonarme Çerçeve Düzlemi İçindeki Dolgu Duvarların Davranışı

Betonarme çerçeve içindeki duvarlar genellikle çerçeve tarafından dolgu duvar ile çerçeve arasında ayrışma ile başlayan hasar daha sonra daha yüksek deprem yatay yük düzeylerinde X-biçimine kesme çatlakları ile ilerlemektedir. Daha da yüksek yatay yük düzeylerinde X-çatlakları çok genişlemekte ve duvardan kırılmış ve çevresi tümü ile çatlamış duvar ve duvar parçaları dökülmüştür. Bu tür duvarların hasar aşamaları, çatlak biçimleri Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Çerçeve içindeki Dolgu Duvar Hasar Biçimleri (Bayülke, 2003)

### 3.6. Dolgu Duvarların Yapıların Davranışına Etkileri

Dolgu duvarların çerçevelerle etkileşimi yapının yatay yükler altındaki yapının yük taşıma kapasitesi, rijitlik, sönüm ve titreşim periyodu gibi başlıca kavramlar bakımından yapı sistemlerinin davranışını olumlu ve/veya olumsuz yönde etkilemektedir.

#### 3.6.1. Yük Taşımaya Katkı

Bina hesaplarında tuğla, beton, briket vb. malzemeden yapılan bölme duvarlarının yük almadıkları kabul edilir. Ancak bu duvarların düşük yatay yükler altında önemli rijitlikleri ve yatay kuvvet taşıma güçleri vardır.

Dolgu duvarlı ve duvarsız çerçevelerin yatay yükler altında davranışlarını belirleme deneyleri yapılmıştır. Dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin yük taşıma kapasitelerinin araştırılması sunucu taban kesme kuvveti Şekil 3.3'de gösterilmektedir. Çalışma sonucunda kompozit çerçevenin (dolgu duvarlı çerçeve) yük taşıma kapasitesinin duvarsız çerçeveye (basit çerçeve) göre 2 kat daha fazla olduğu görülmüştür (Govindan ve ark, 1986).

Dolgu duvar malzemesinin çok boşluklu ve düşük dayanımlı dolgu duvardan olduğu durumlarda dolgulu çerçevenin yatay yük taşımaya katkısının dolgu duvarsız çerçeveye göre en çok %40 kadar daha fazla olduğu tespit etmiştir (Vintzeleou, 1989).

Yaptıkları deneyler sonucunda, dolgu duvarlı yapının yatay yük taşıma kapasitesinin, dolgu duvarsız yapıya oranla 1.5 kat daha fazla olduğu, yumuşak katlı betonarme yapı ile duvarsız betonarme yapının yatay yük taşıma kapasitelerinin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir (Negro ve Verzeletti, 1996).

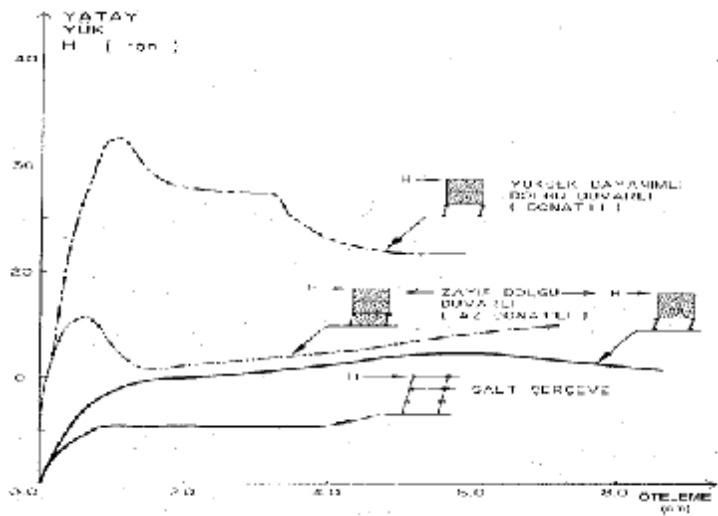
### 3.6.1.1. Düşey Yük Taşımaya Katkı

Altında dolgu ya da bölme duvarı olmayan kirişlerin daha çok sehim yaptığı bilinmekte ve gözlenmektedir. Bazı tür yapılarda, altında dolgu duvarı olmayan kirişlerin açıklık ortalarında eğilme momenti çatlakları veya mesnetlerine yakın bölgelerinde kesme çatlakları ya da her iki tür çatlağın birlikte olduğu görülmüştür. Fakat aynı boyutta ve açıklıkta altında dolgu duvar olan kirişlerde bu çatlaklar görülmemiştir. Bunun nedeni, kirişin düşey yükünü altındaki duvara aktarma davranışındır (Bayülke, 2003).

### 3.6.1.2. Deprem Yükü Taşımaya Katkı

Yapılardaki yatay yük taşımayacağı varsayılan bütün duvarların deprem yükleri karşısında taşıma güçlerine ulaşana kadar perde duvar gibi davrandığı betonarme çerçevesel yapılarda kolonlar arasındaki dolgu duvarların sınırlı da olsa yatay yük taşıma gücü olduğu belirlenmiştir (FEMA-178).

Hem çerçeveyi hem de duvarı örten sıvalar duvar ve kolonun özellikle hafif depremlerde ve şiddetli bir depremin başlangıcında birlikte hareket edip ötelendikleri için yapıların depremin başlangıcında büyük rijitlikleri bulunmaktadır (Şekil 3.3).

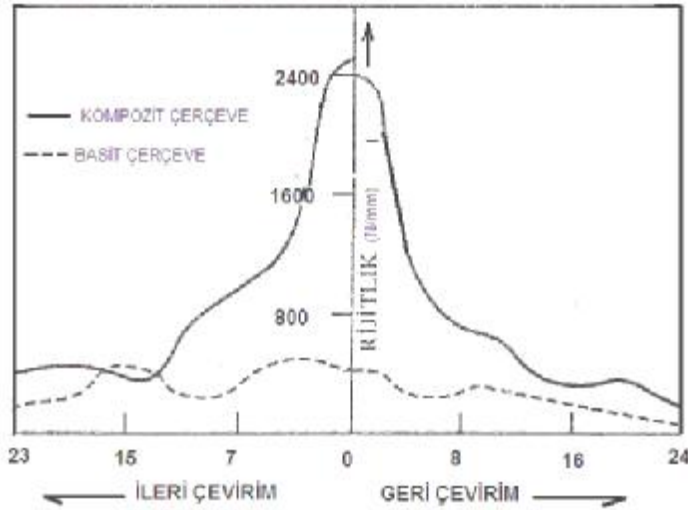


Şekil 3.3. Dolgu Duvarlı Çerçevenin Yatay Yükler Altındaki Davranışa Etkisi (Bayülke, 2001)

### 3.6.2. Rijitliğe Katkı

Govindan ve ark. (1986), deneysel çalışmalarında tekrarlı yükler altında duvarsız ve duvarlı betonarme çerçevelerin rijitliklerinin değişimini incelemişlerdir. Rijitliği en üst katta birim yer değiştirme oluşması için gerekli kuvvet olarak tanımlamışlardır.

Çalışmalarında yatay rijitlik, çerçevenin en üst katının birim yer değiştirme için gerekli kuvvet olarak ele alınmıştır. Yükleme başlangıç safhalarında dolgu duvarlı çerçeve duvarsız betonarme çerçeveden 5 kat daha rijit olduğunu ve yatay yükler altında dolgu duvarlı çerçevenin rijitliğinin duvarsız çerçevenin 2.67 katı olduğunu tespit etmişlerdir. Deneysel çalışmada çevrimsel yükleme sonucunda, duvardaki çatlakların artması ile rijitlikte de belirgin bir azalma görülmektedir. Deneyde belirlenen servis yükü (işletme yükü) basit çerçevede 36 kN iken, dolgu duvarlı çerçevede 73 kN'dur. Diğer taraftan dolgu duvarlı çerçevenin göçme yükü 146 kN'dur. Dolgu duvarlı çerçevelerin yük dayanımlarının yanı sıra dolgu duvarların yatay rijitliğe, süneklığe ve enerji yutma kapasitesine katkıları belirlenmiştir.



Şekil 3. 4. Dolgu Duvarlı ve Basit Çerçevede Çevrimsel Yükler Sonucunda Rijitliğin Değişimi (Govindan ve ark., 1986)

Negro ve Verzelletti (1996), deneysel çalışmalarında iki doğrultuda iki açıklıklı 4 katlı çerçeveleri, dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı olarak test etmişlerdir.

Dolgu duvarlı ve duvarsız çerçevelerin yatay yükler altında en üst katta oluşan maksimum yer değiştirmelerini karşılaştırmış ve dolgu duvarlı çerçeve sisteminin oluşan maksimum deplasmanının basit çerçeveden yaklaşık 2.6 kat daha az olduğunu, bununla birlikte dolgu duvarlı çerçeve sisteminin rijitliğinin basit çerçeveye göre çok yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

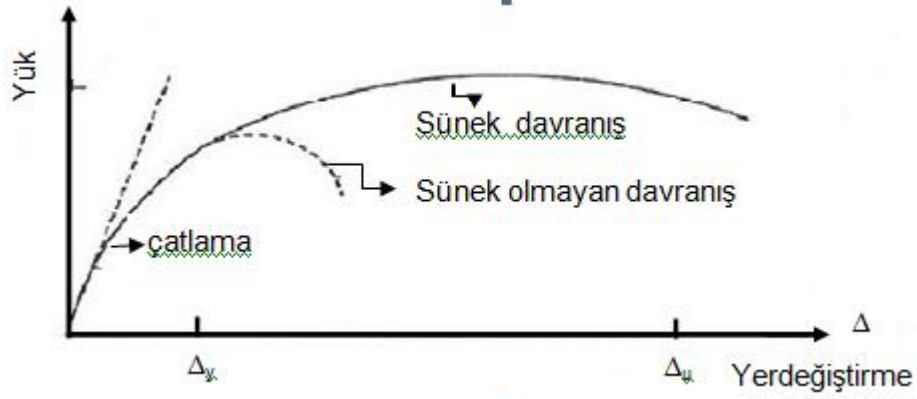
### 3.6.3. Sönüme Katkı

Dolgu duvarlar ile çerçevenin kolon ve kirişlerle olan ara yüzeylerindeki hareket, yapıya sönüm sağlamaktadır. Dolgu duvarla çerçevenin ayrışması, dolgu duvar içinde olan çatlaklar yapının sönümünü daha da artırır. Bu ara yüzeyler arasındaki hareketin sonucu oluşan sürtünme kuvvetleri önemli miktarda deprem enerjisi tüketir (Bayülke, 2003). Yapılan birçok deney sonucunda dolgu duvarlar, devirli sarsıntı şokları esnasında, bünyesinde oluşan kayama ve sürtünmeler, basınç uçlarındaki ezilmeler gibi davranışlarla, yapının enerji sönümü özelliğini de artırır.

### 3.6.4. Süneklik

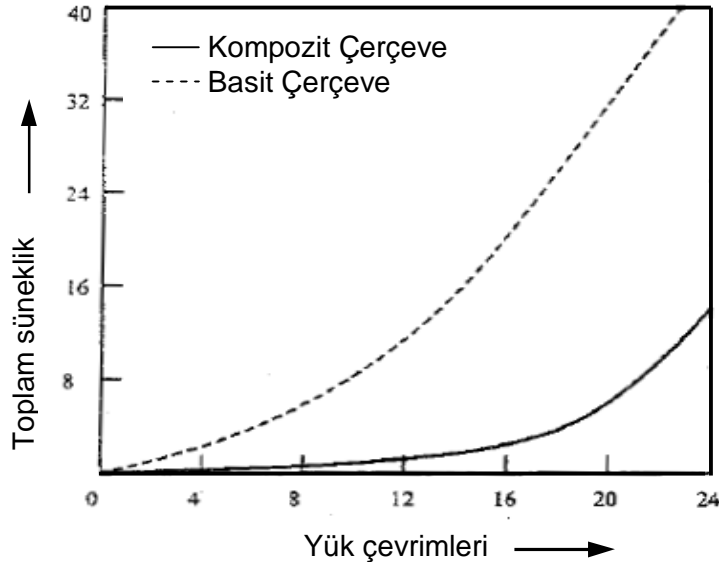
Taşıyıcı sistemin, yapı elemanlarının veya bir kesitin çeşitli etkiler ve yükler ile zorlanması sonucunda, dış yükte önemli bir değişim olmaksızın, elastik sınırın ötesinde şekil değiştirme ve yer değiştirme yapma özelliğine denilir. Süneklik ne kadar fazlaysa tekrarlı yüklemeler altında, enerji yutabilme özelliğide okadar fazla demektir. Matematiksel olarak süneklik ( $\mu$ ), 3.1'deki eşitlikte ifade edilen ulaşılacak toplam yerdeğiştirmenin ( $\Delta_u$ ), elastik sınıra erişildiğindeki yerdeğiştirmeye ( $\Delta_y$ ) oranı olarak tarif edilebilir (Celep ve Kumbasar 2000).

$$\mu = (\Delta_u/\Delta_y) \quad (3.1)$$



Şekil 3.5. Sünek ve Sünek Olmayan Davranışa Ait Yük-Yer Değiştirme Eğrisi

Govingdan ve ark. (1986)' yapmış oldukları çalışmalarda basit çerçeveli sistemle-dolgu duvarlı çerçevelere ait sistemlerin sünekliklerini karşılaştırdıklarında basit çerçevelerin daha sünek davrandığını tespit etmişlerdir. Bu oran basit çerçevenin yönünde 3,29 kat kadarlık bir süneklik farkını ortaya çıkarmıştır.



Şekil 3.6. Tekrarlı ve Yön Değiştiren Yükleme Etkisinde Sünekliklerin Karşılaştırılması (Govindan ve ark., 1986)

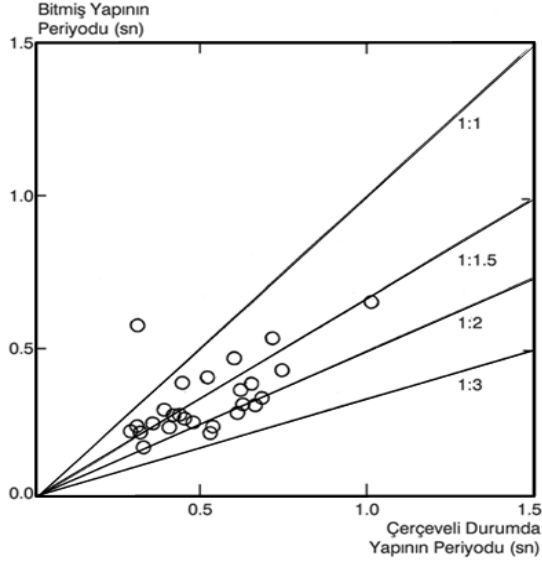
### 3.6.5. Titreşim Periyoduna Katkı

Salt çerçeveli durumda ve dolgu duvarı yapıldıktan sonra titreşim monitörü ile periyodu ölçülmüş yapılarda titreşim periyotlarında büyük değişimler gözlenmiştir (Bayülke-1989). Periyot değişimleri çok düşük yatay yük ya da çok düşük genlikli titreşimlerde tespit edilmiştir (Şekil 3.7). Bu yapıların enson haldeki, dolgu duvar ve sıvaları yapılmış durumda, titreşim periyotları çıplak çerçeve durumundaki periyotlarının % 50 - 70'i kadardır.

Henüz bir deprem geçirmemiş yapının yatay rijitliği maksimum düzeydedir. Tasarımda dikkate alınmayan ve hiç yük almayacağı düşünülen bölme ve dolgu duvarları yapıya rijitlik vermektedir. Dolgu duvarlar yapıların çıplak çerçeve konumundaki rijitliğini 2-4 kat artırabilmektedir. Duvarın rijitliğe katkısı aslında daha büyüktür. Bunun nedeni dolgu duvarların yapının ağırlığını arttırmasıdır. Dolayısı ile ağırlık artışı yapı periyodunu da arttırmaktadır. Ancak rijitlikte olan artışın neden olacağı periyot azalmasının küçük bir bölümü ağırlık artırımının getireceği daha sınırlı periyot artışını fazlası ile karşılamaktadır. Gözlenen bu davranış değişikliği “düşük” bir yatay yük düzeyinde olmuştur. Gerçek bir depremde ise yapıya etkiyen yatay yük çok daha büyüktür. Büyük yatay yüklerin olduğu depremlerde dolgu duvarların yapının rijitlik ve periyot üzerindeki katkısı giderek azalmaktadır (Bayülke, 2003).

Şiddetli depremlerde salınımları ölçülmüş yapıların periyotları ile analitik yöntemlerle hesaplanmış periyotları arasında önemli farkların olduğu gözlenmiştir. Periyot hesaplarında dolgu duvarların katkısı dikkate alınmadan bulunan periyotların, yapıda kuvvetli deprem hareket kayıtlarından hesaplanmış periyotlara göre daha uzundur olduğu görülmüştür.

Deprem etkisi devam ettikçe ve dolgu duvarda çatlak oluşması ile birlikte yapıların titreşim periyotları uzayarak duvarın yapı rijitliğine olan katkısı, ve yapının titreşim periyoduna katkısı azalmaya başlamaktadır. Deprem sırasında yapı periyodundaki değişimler de yapıya gelen deprem yükünün düzeyini değişimine neden olmaktadır.



Şekil 3.7. Betonarme Çerçevesiz Yapılarda Dolgu Duvarın Yapının 1. Mod Titreşim Periyoduna Etkisi (Bayülke, 2003).

### 3.7. Dolgu Duvarların Yapı Davranışı Üzerine Olumsuz Etkileri

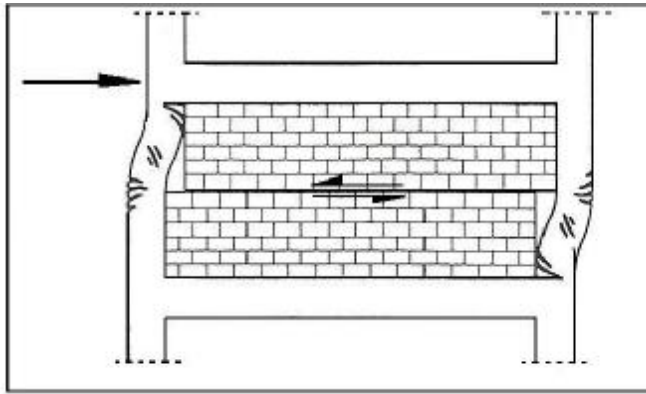
Betonarme yapının bir parçası olan dolgu duvarları, binalara fonksiyon kazandırmak, mekanları bölmek veya birbirlerinden ayırma amacıyla; yapılarda taşıyıcı sistem içindeki boşlukların değişik yapı malzemelerinin doldurulmasıyla oluşturulan elemanlardır.

Duvarlar, genellikle çok katlı yapılarda taşıyıcı eleman olarak düşünülmediği için sadece iç ve dış mekanları ayıran hafif elemanlar olarak seçilirler. Yapı inşasındaki kolaylık ve ekonomi dışında yapının deprem gibi yatay kuvvet etkilerini azaltmak amacıyla dolgu duvarlar genellikle hafifletilir ve böylece yapı ölü yükü azaltılır. Çünkü ağırlık arttıkça yapının kütlesi artacak ve bu kütle artışıyla yapının doğal titreşim periyodu artacaktır.

Dolgu duvarların betonarme çerçevesiz yapıların deprem davranışına olumlu ve olumsuz katkıları vardır. Dolgu duvarlı çerçeveler ve binalar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar, bu elemanlar üzerinde yer alan kapı, pencere boşluklarının yapı rijitliğine ve hasara etkisinin oldukça fazla olduğunu göstermiştir (Zarnic ve Tomazevic 1995, Koçak1998)

Betonarme yapının bir parçası olan dolgu duvarların mimaride yerleştiriliş biçimi, yapı davranışını olumlu veya olumsuz olarak etkileyen en önemli nedenlerden biridir. Dolgu duvarın yapıdaki yerleşiminden dolayı, yapı beklenenden çok daha farklı davranabilmektedir. Duvar sayesinde yapı rijitliği artarak çerçeve elemanların üzerine gelen deprem yükleri azaltılmış olur. Diğer taraftan yerleştirilme biçimine bağlı olarak kısa kolon davranışı, yumuşak kat davranışı ve yapıda burulma gibi olumsuz etkileride olabilmektedir. Düşey yük, yapı elemanlarının sehimi, deprem vb. dolayı hasara uğramaktadır. Bu olumsuz etkilerin paralelinde, düşey yük, yapı elemanlarının sehimi, deprem, duvar örümünde kullanılan tuğlanın cinsi, duvarın kalınlığı, duvar ve tuğlalar arasında kullanılan sıva ve harç, duvarda yer alan pencere ve kapı boşlukları, duvarın diğer taşıyıcı elemanlarla olan bağlantısı gibi bir çok etkenden dolayı dolgu veya bölme duvar üzerinde hasarlar meydana gelmektedir.

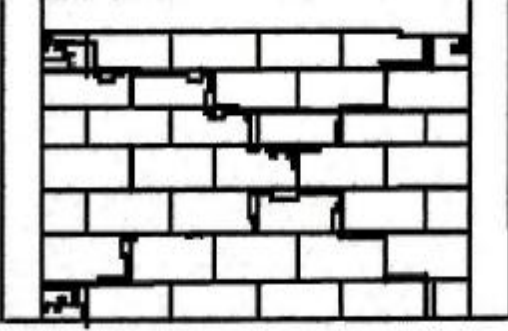
Düzlemi içinde etkiyen yatay kuvvetin küçük değerlerinde çerçeve dolgu duvarları tamamen uyum içinde, bir perde duvar gibi birlikte hareket edeceklerdir. Yatay yer değiştirmenin artmaya başlamasıyla bu davranış çok karmaşık hal alır. Çerçeve elemanları eğilme davranışı biçiminde şekil değiştirmeye çalışırken, dolgu duvar paneli de kayma davranışı biçiminde Şekil 3.8'deki gibi şekil değiştirmeye çalışacaktır.



Şekil 3.8. 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,

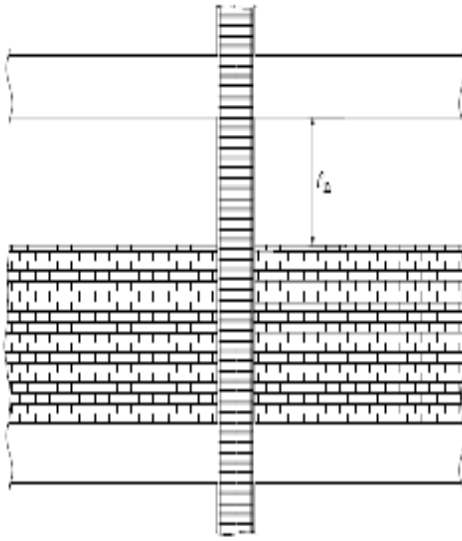
diğer köşegen doğrultusunda oluşacak olan basınç gerilmeleri, duvar içinde sanal bir basınç çubuğu meydana getirecektir. Bu işlem tekrarlandıkça kalıcı şekil değiştirmeler yayılacak, çatlakların sayısı ve genişliği Şekil 3.9'daki gibi çekme çatlaklıkları oluşacaktır (Yalçın 1999).



Şekil 3.9. Çapraz Gerilme Sonucu Oluşan Orta Şiddetteki Çatlak

Ülkemizde genellikle yapıların zemin katları, dükkan ve asma katlı dükkan olarak kullanılmakta, zemin kat bölme duvarları genellikle bulunmamaktadır. Bu katların üzerindeki mesken olarak kullanılan katlar ise bölme duvarlar nedeni ile daha rijit davranmaktadır. Bu sebepten tüm enerji tüketimi söz konusu zemin katta yoğunlaştığından bu tür yapılarda yumuşak kat oluşarak hasarlar meydana gelmektedir. Yumuşak katın deplasmanı yaklaşık olarak binanın tüm deplasmanına eşittir. Yumuşak kat olarak isimlendirilen bu bölme duvarsız katlar üzerinde aşırı deplasman oluşarak, ötelenme nedeni ile bu katların kolonlarında beklenmedik şekilde aşırı hasarlar meydana gelmekte ve bu durumda çoğu zaman binanın göçmesine neden olabilmektedir. Deprem enerjisinin bu katta karşılanacağı göz önüne alınırsa 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. Eğer duvarlar kısa olarak yapılıyor ve çerçevelere de bağlanıyorsa ana çerçevedeki kolonlar deprem sırasında meydana gelen yatay kuvvetler nedeniyle bağlı bulunduğu iki kat arasında duvarların kendi düzlemlerindeki rijitlikleri sonucu eğilememektedir. Böylece, kolonlar sadece duvarların üst kısmında bırakılan boşluk yüksekliği kadar bir kısımda eğilmeye zorlanmaktadır. Bu durumda kolonun bu kısmında çok büyük kesme kuvvetleri

meydana gelmektedir (Çağatay, 2004, 2007). 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.



Şekil 3.10. Kısa Kolon Oluşumu  
(DBYBHY 2007)

$$V_e = (M_a + M_u) / l_n \quad (3.2)$$

$V_e$ : Kolonlarda enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti

$M_a$ : Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment

$M_u$ : Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment

$l_n$ : Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı



Şekil 3.11. Kısa Kolon Kırılması- 22 Mayıs 1971 Bingöl Depremi (Bayülke,2003)



Şekil 3.12. Yumuşak Kat Oluşumu- Kocaeli depremi, 2000 (Shing ve ark.,2008)

### 3.8. Dolgu Duvar Analiz Yaklaşımları

Literatürde yapılmış çalışmalar incelendiğinde duvarlı çerçevelerin yatay yükler altındaki davranışını incelemek için temel olarak iki metodun kullanıldığı söylenebilir:

- Basınç çubuğu metodu.
- Sonlu elemanlar metodu

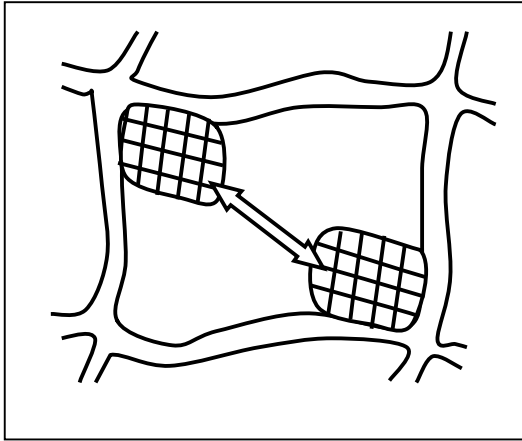
Basınç çubuğu metodunda, dolgu duvarlı çerçeve, dolgu duvarları eşdeğer basınç çubuklarıyla (Stafford-Smith ve Carter, 1969) modelleyerek incelenir. Temelde boşluksuz dolgu duvarların gözönüne alınması esasına dayanan bu yöntem, dolgu duvarlı çerçeve sistemlerinin analizi için pratik ve kolaylıkla uygulanabilir bir metoddur. Literatürde eşdeğer basınç çubuğu metodunun kullanımına kısmi dolgu duvarlar ve kapı veya pencere tarzı boşluklu dolgu duvarlar için fazla rastlanmamakla birlikte, metodun boşluklu dolgu duvarlara hipotetik basınç çubukları kullanılarak (Liau ve Lee, 1977) ve kısmi dolgu duvarlara dolgunun üst köşesinden itibaren diyagonal basınç çubuklarıyla modelleyerek (Klinger ve Bertero, 1976) uygulanabileceği belirtilmiştir.

Diğer yandan sonlu elemanlar metodu ile dolgu duvar/çerçeve etkileşmesinin karmaşık yanları ve boşluklu dolgu duvarlar incelenebilmektedir. Fakat, bu metodla bir katlı bir açıklıklı çerçeve çözümü için dahi çok fazla bilgisayar zamanı

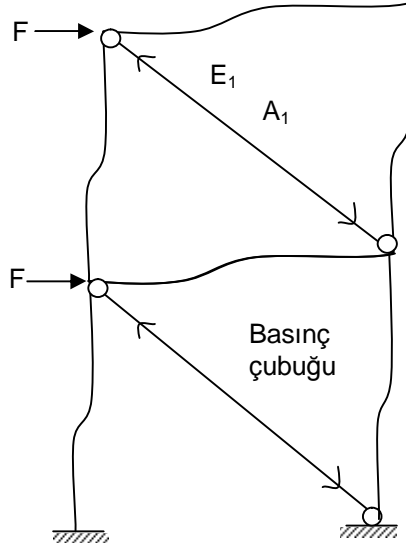
gerekmektedir. Bu yüzden metod bina analizi için henüz pratik görülmemektedir. Ayrıca dolgu duvar kalitesi şantiyedeki yapım koşullarına çok bağlıdır. Örneğin işçilik kalitesi, bu sonlu elemanlar metodu için yapılan kabullerin kolayca değişmesine neden olabilmektedir. Yukarıdaki açıklamaların ışığında pratik amaçlarla kullanılmak üzere basınç çubuğu metodunun sonlu elemanlar metoduna oranla daha uygun olduğu görülmüştür.

### 3.8.1. Basınç Çubuğu Metodu

Dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yükler altında davranışı şu şekilde açıklanabilir: Yatay yük uygulandığı anda çerçeve elemanları ile dolgu duvar arasında ayrılmalar meydana gelir ve sadece basınç alan diyagonalin uçlarında, köşe noktasının her iki yanında belli uzunluklarda temas kalır (Şekil3.13). Dolgu duvarlı çerçevenin bu davranışı dolgu duvarları sadece eksenel yük alan basınç çubuklarıyla modelleyerek gösterilebilir.



Şekil 3.13. Dolgu Duvarın Çerçeve Yatay Ötelenmesinde Basınç Çubuğu Gibi Davranışı



Şekil 3.14. Dolgu Duvarlı Çerçevenin Basınç Çubuklu Modeli

Yatay yük arttıkça ya dolgu duvar ya da çerçeve elemanları hasara maruz kalır. Dolgu duvarlar üç modda kırılır;

1-Kesme çatlağı kırılması: Bu modda kırılma tuğla ve harç birleşim yerlerinde aşağı doğru merdiven basamağı şeklinde olur.

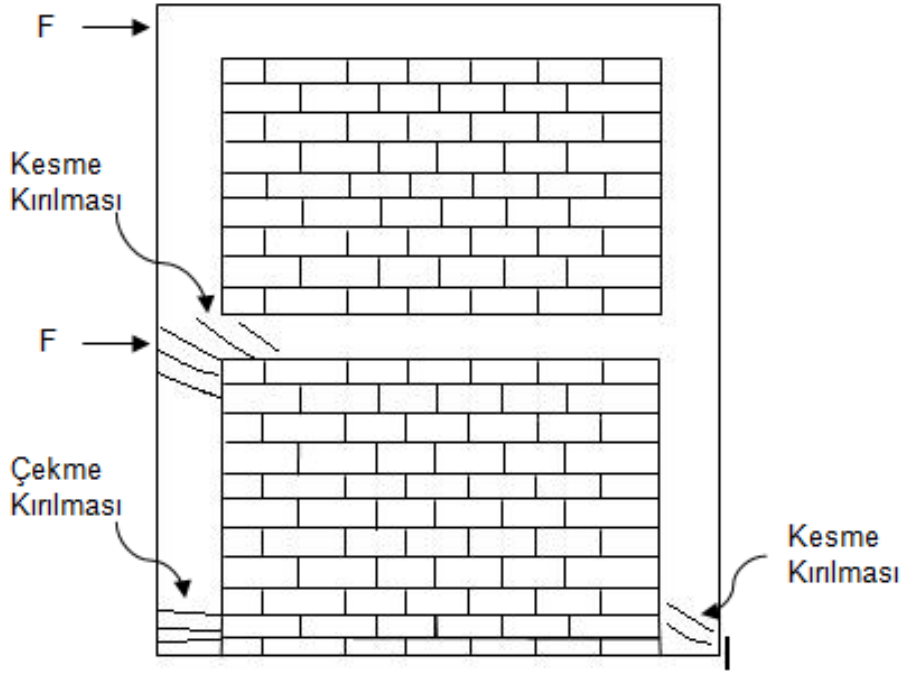
2-Diyagonal çekme çatlağı kırılması: Bu modda kırılma bir veya birkaç çizgi şeklinde basınç alan diyagonal boyunca olur.

3-Basınç kırılması: Bu modda basınç alan duvar uçlarının birinde yüksek basınç gerilmeleri sonucunda ezilmeler meydana gelir.

Eğer, dolgu duvar çerçeve elemanlarına göre relative olarak kuvvetli ise, hasar çerçeve elemanlarında meydana gelir. Çerçeve elemanları için iki tür hasar modu görülür.

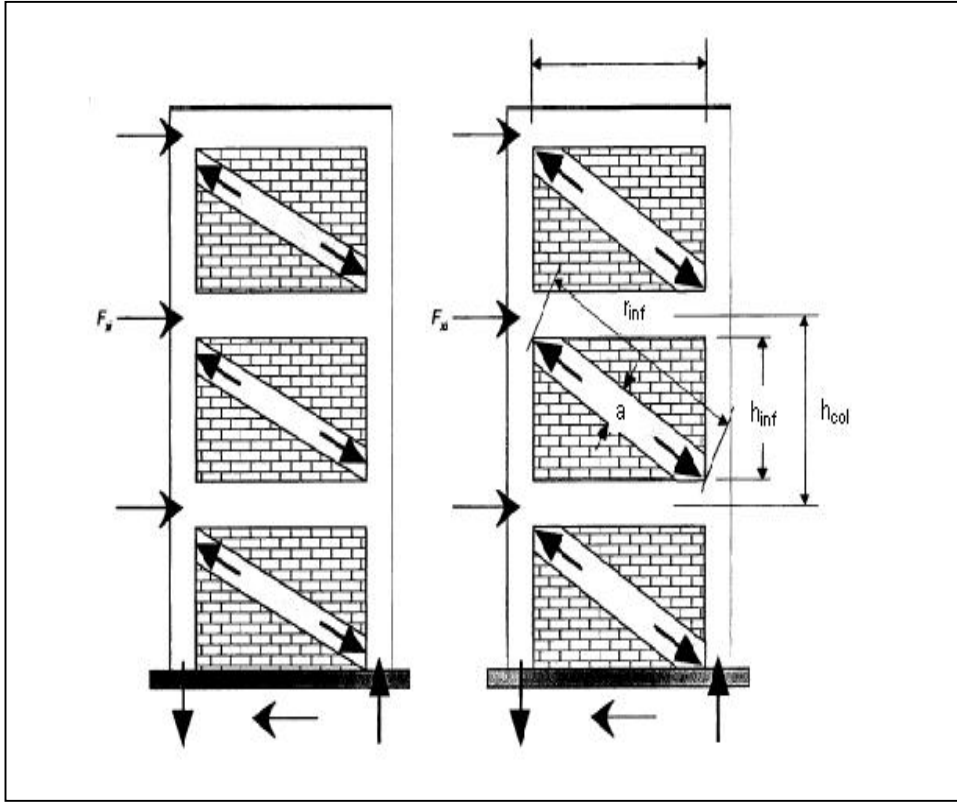
1) Basınç kuvvetinin uygulandığı taraftaki kolonda çekme gerilmeleri sonucunda oluşan hasar.

2) Kolonlarda, kirişte veya birleşim yerlerinde kayma gerilmeleri sonucunda oluşan hasar.



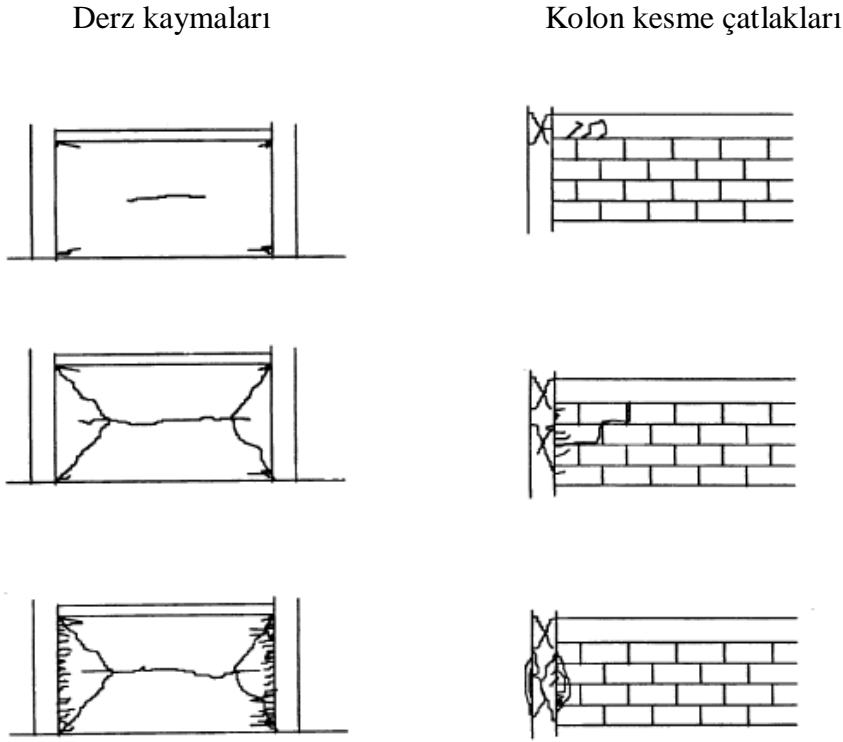
Şekil 3.15. Betonarme Çerçeve Elemanlarının Kırılma Modları (Çıtıptıoğlu ve ark. 1997)

FEMA 273; (Federal Emergency Management Agency) Uluslararası deprem tehlikesini azaltma program şartnamesinin yapıların depreme karşı rehabilitasyonuna yönelik analiz ve dizayn projelerinde kullanılması üzerine oluşturulan ön standartlarla, dolgu duvarların malzeme özellikleri, analiz ve dizaynına yönelik bilgiler verilmiştir. Dolgu duvar panellerinin eşdeğer basınç çubuğu metoduyla çözüm adımları verilmiştir. Basınç çubukları diyagonale merkezi veya eksantrik olarak yerleştirilmektedir.



Şekil 3.16. Dolgu Duvar Modellemesinde Eşdeğer Basınç Çubuğu Analojisi (FEMA-273, 1997)

FEMA (306, 307-356): Beton ve dolgu duvarlara deprem zararlarının değerlendirilmesiyle ilgili yayımlanan ön standartta FEMA 273'e atıf yapılarak devamında bu tür yapılarla ilgili, yararlı ve pratik klavuzluk edecek öneriler geliştirilmiştir.



Şekil 3.17. Elemanlarda Oluşan Hasarlar (FEMA (306-1999))

Şekil 3’de gösterilen eşdeğer basınç çubuklarının genişliği ( $a$ ), FEMA 356’da verilen aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır:

$$a = 0,175(\lambda_1 h_{col})^{-0,4} r_{inf} \quad (3.8)$$

$$\lambda_1 = \left[ \frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (3.9)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{h_{inf}}{L_{inf}} \right) \quad (3.10)$$

Bu iki bağıntıda;  $h_{col}$  = kolon yüksekliği (kat yüksekliği),  $h_{inf}$  = dolgu duvar yüksekliği,  $E_{fe}$  = çerçeve malzemesinin elastisite modülü,  $E_{me}$  = dolgu duvar malzemesinin elastisite modülü,  $I_{col}$  = kolonların atalet momenti,  $L_{inf}$  = dolgu duvar uzunluğu (açıklığı),  $r_{inf}$  = dolgu duvarın diyagonal uzunluğu,  $t_{inf}$  = dolgu duvarın kalınlığı,  $\lambda_1$  = basınç çubuğunun eşdeğer genişliğini hesaplamada kullanılan katsayı,

$\theta = \tan^{-1}(h_{inf}/L_{inf})$  (eşdeğer diyagonal basınç çubuğunun yatayla yaptığı açı) olarak tanımlanmaktadır.

Pencere ve kapı boşluklu dolgu duvarlar için yukarıda belirtilen parametrelere ek olarak boşluk alanının tüm duvar alanına oranı ve boşluğun duvar üzerindeki yeri önemli etkenlerdendir. Bu tarz duvarların basınç çubuğuyla modellenmesi hipotetik eşdeğer diyagonal çubuklar kullanılarak yapılır. Eşdeğer çubuk alanları ve kırılma yükleri karşılaştırılacak olursa boşluklu dolgu duvarın boşluksuzlara göre daha küçük değerlere sahip olduğu görülür. Bu sebepten boşluklu dolgu duvarların eşdeğer çubuk alanları ve kırılma yükleri 'r' azaltma faktörü kadar azaltılır (Çıtıptıoğlu ve ark., 1997). Eşdeğer çubuk genişliği de aynı şekilde bir azaltma faktörüyle çarpılmaktadır (Çağlayan, 2006).

$$W_{azaltılan} = w (R_1)_i (R_2)_i \quad (3.6) \quad (3.11)$$

$$(R_1)_i = 0.6 \times \left( \frac{A_{Boşluk}}{A_{Panel}} \right)^2 - 1.6 \times \left( \frac{A_{Boşluk}}{A_{Panel}} \right) + 1 \quad (3.12)$$

$A_b$  : Duvarda bulunan boşlukların alanları toplamı

$A_{panel}$ : Dolgu duvarın boşluksuz alanı

$(R_1)_i$ : Boşluklu dolgu duvarlarda azaltma faktörünün tanımlanan boşluk durumuna göre değerlendirilmesi

$(R_2)_i$ : Azaltma faktörünün var olan dolgu hasarlarına göre değerlendirilmesi

Dolgu duvarda pencere ve kapı boşluğu olduğunda eşdeğer basınç çubuğu genişliği hesabında azaltma faktörü  $R_1$  değeri uygulanırken; duvarda herhangi bir hasar olmaması durumunda  $R_2$  değeri 1 olarak alınmalıdır. Ağır hasar durumunda ise, çerçeve ve dolgu duvar arasındaki kopmalar nedeni ile yatay rijitliğe katkısı çok düşük olacağından azaltma faktörü 0 olarak alınır. Böylece duvarın sadece bina ağırlığına etkisi alınırken, yatay rijitliğe herhangi bir etkisi olmayacaktır.

Çizelge 3.1. Kapı Boşluklu Dolgu Duvarlar İçin Azaltma Faktörleri (Çıtıptıoğlu ve ark., 1997)

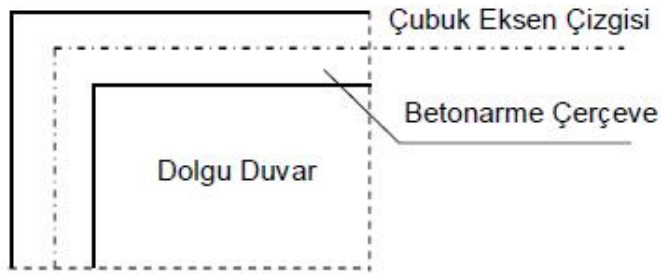
$A_{\text{boşluk}}/A_{\text{panel}}$ (%)	Boşluğun Yeri	
	Boşluk ortadayken 'r' faktörü	Boşluk kolonlara yakınken 'r' faktörü
0	1.00	1.00
10	0.40	0.50
20	0.20	0.30
30	0.10	0.20
40	0.05	0.10
50	0.00	0.00

Çizelge 3.2. Pencere Boşluklu Dolgu Duvarlar İçin Azaltma Faktörleri (Çıtıptıoğlu ve ark.,1997)

$A_{\text{boşluk}}/A_{\text{panel}}$ (%)	Boşluğun Yeri	
	Boşluk ortadayken 'r' faktörü	Boşluk kolonlara yakınken 'r' faktörü
0	1.00	1.00
5	0.75	0.80
10	0.60	0.70
20	0.40	0.50
30	0.25	0.25
40	0.10	0.10
50	0.00	0.00

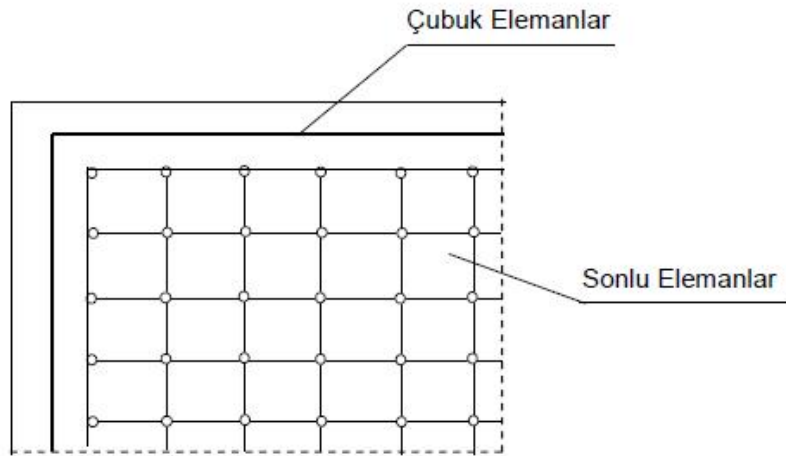
### 3.8.2. Sonlu Eleman Ağ Modelleri

Budak (1997), yaptığı çalışmalar sonucunda düzlemsel dolgu duvarlı çerçevelerin sonlu eleman yöntemi ile analizinde genel olarak üç tip sonlu eleman ağı modelinin seçildiğini tespit etmiştir. Bu ağ modellerinin detayı Şekil 3.18’de gösterilen dolgu duvarlı çerçeve üzerinde görülmektedir.



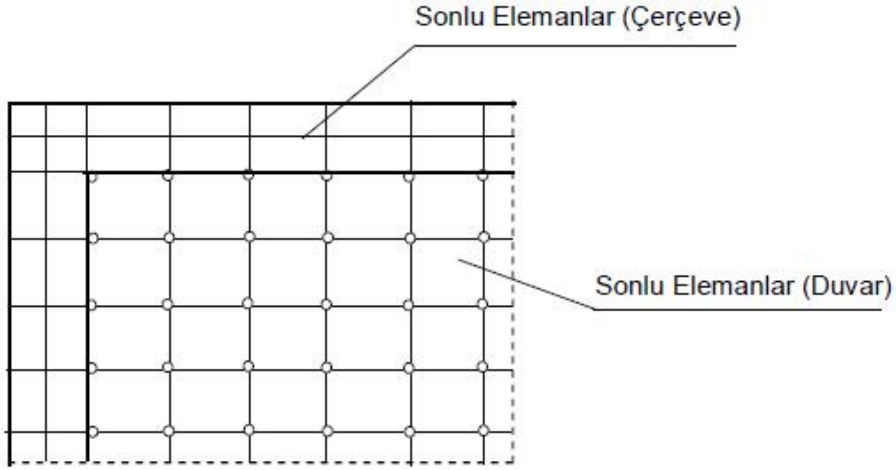
Şekil 3.18. Betonarme Çerçeve ve Dolgu Duvar

Birinci tip sonlu eleman ağ modelinde, çerçeve elemanlar çubuk elemanlarla, dolgu duvarlar serbestlik dereceleri çubuk elemanlara uygun sonlu elemanlarla modellenmiştir (Şekil 3.19). Şekilde de görüldüğü gibi sonlu elemanlar ve çubuk elemanlar ara yüzey boyunca birbirlerine komşu düğüm noktaları ile bağlanmışlardır



Şekil 3.19. Sonlu Eleman ve Çubuk Elemanlarının Birlikte Kullanılması

İkinci tip sonlu eleman ağ modelinde, dolgu duvar ve çerçeve sistemi sonlu elemanlarla modellenmiştir (Şekil 3.20). Çerçeve ve dolgu duvarı meydana getiren elemanlar ara yüzey boyunca birbirlerine komşu olan düğüm noktaları ile bağlanmışlardır.



Şekil 3.20. Sonlu Elemanlarla Oluşturulan Dolgu Duvarlı Çerçeve Modeli

### 3.9. DBYBHY 2007’de Dolgu Duvarları Modelleme Esasları

Yönetmelikte, dolgu duvarların yapı modelinde ele alınması sırasında kullanılacak olan rijitlik ve dayanım özellikleri tanımlanmaktadır. Modellemede betonarme çerçeve içinde düzenlenmiş ve köşegen uzunluğunun kalınlığına oranı 30’dan küçük olan dolgu duvarlar göz önüne alınacaktır. Ayrıca duvar yüzey alanına oranı %10’u geçmeyen boşlukların bulunduğu duvarların yapı modeline katılmasına, boşlukların konumu köşegen basınç çubuğu oluşumunu engellememesi koşuluyla izin verilebilir. Dolgu duvarlar uygulanan deprem yönünde basınç kuvveti alan eşdeğer köşegen çubuk elemanları ile temsil edileceklerdir. Eşdeğer basınç çubuğunun kalınlığı güçlendirilmiş dolgu duvar kalınlığına eşittir. Genişliği ( $a_d$ ) denklem (3.13)’den hesaplanacaktır.

$$a_d = 0.175 (\lambda_d h_k)^{-0.4} r_d \quad (3.13)$$

Burada  $a_d$  çubuk genişliği (mm) ,  $h_k$  kolon boyu (mm),  $r_d$  dolgu duvar köşegen uzunluğudur (mm).  $\lambda_d$  denklem (3.14)'den hesaplanacaktır.

$$\lambda_d = \left[ \frac{E_d t_d \sin 2\theta}{4E_c I_k h_d} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (3.14)$$

Denklem (3.9)'de  $E_d$  ve  $E_c$  dolgu duvar ve çerçeve betonunun elastisite modülü,  $t_d$  ve  $h_d$  güçlendirilmiş duvarın kalınlığı ve yüksekliği (mm),  $I_k$  kolonun atalet moment (mm<sup>4</sup>) ve  $\theta$  köşegenin yatay ile olan açısıdır. Köşegen basınç çubuk elemanının eksenel rijitliği denklem (3.15) ile hesaplanacaktır.

$$k_d = \frac{a_d t_d E_d}{r_d} \quad (3.15)$$

### 3.10. SAP2000N Yapı Analiz Programı

SAP2000N yazılımı, yapı sistemi modellerinin geliştirilmesi, analizi ve boyutlandırılması için kullanılan genel amaçlı bir programdır. Program Windows ortamında çalışmakta ve tüm işlemler özel grafik kullanıcı ara yüzü yardımı ile SAP2000N ekranı üzerinde gerçekleştirilmektedir.

Modelleme bilgileri, analiz sonuçları ve dizayn sonuçları gibi tüm SAP2000N verileri tablo veri yapısında incelenebilir. Bu tablo yapısındaki veriler ara yüz içerisinde düzenlenip görüntülenebildiği gibi, Microsoft Access veritabanı formatına, Microsoft Excel hesap tablosuna veya düz metin biçimine dönüştürülebilir. Export edilen bilgileri raporlar oluşturmak veya özel hesaplamalar yapmak için kullanabilmektedir. Bu tablo verileri SAP2000N dışında yeniden düzenlenmiş ya da yeniden oluşturulmuş modelleri SAP2000N içine çağırabilmek amacıyla da kullanılabilir. Bu import ve export yetenekleri diğer çok bilinen

boyutlama ve çizim programlarından veri alma veya gönderme konusunda da rahatlıkla kullanılabilir.

Herhangi bir yapı sisteminin SAP2000N yardımı ile analizinin yapılmasında genel olarak aşağıdaki yol izlenmektedir.

- Sistem modelinin oluşturulması
- Malzeme özelliklerinin tanımlanması
- Kesit özelliklerinin tanımlanması
- Yüklerin tanımlanması
- Çözüm (Analiz)



## 4. TUĞLA DUVAR DENEY ÇALIŞMALARI

### 4.1. Giriş

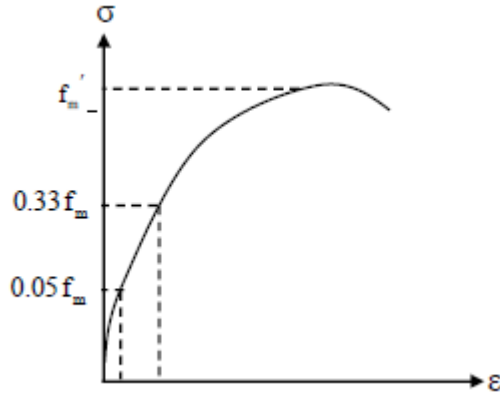
Bu bölümde, Çukurova Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarında, üniform aksenal basınç yükü altında teste tabi tutulan tuğla duvar prizma ve panellerinin deneysel çalışması sunulmaktadır. Deneysel çalışmanın amacı, dolgu duvarı oluşturan malzemelerden olan tuğlanın oluşturduğu duvarın harçla olan etkileşimlerinin incelenerek duvarın taşıma gücü, elastisite modülü, gerilme deformasyon özellikleri vb. karakteristik özelliklerinin araştırılmasıdır. Çalışmada, test edilen duvarlara yükleme numune taşıma kapasitesine ulaşıncaya kadar uygulanmakta ve bu yükleme altında elemanın taşıma gücü kapasitesi ve yük-deplasman ilişkisi elde edilmektedir.

Hazırlanan deney numuneleri çeşitli 3 farklı tuğladan, zayıf ve güçlü harç olmak üzere iki farklı harçtan ve tekli, prizmatik ve paneller şeklinde hazırlanmıştır.

### 4.2. Dolgu Duvar Malzemelerinin 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. Dolgu duvar elastisite modülü, malzemenin basınç dayanımına, yüksekliğine, harç tabakası basınç dayanımına ve 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.

ACI-530-95 standartına göre dolgu duvar prizma testinden elde edilen gerilme-şekil değiştirme 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 4.1.).



Şekil 4.1. Prizma Testi Dolgu Duvar Gerilme-Şekil Değişirme İlişkisi

Dolgu duvar elastisite modülü ( $E_m$ ) denklem (4.1) bağıntısıyla bulunabilmektedir.

$$E_m = \frac{\sigma_{0.33} - \sigma_{0.05}}{\epsilon_{0.33} - \epsilon_{0.05}} \quad (4.1)$$

Burada,

$\epsilon_{0.33}$ : Duvar prizma basınç dayanımının %33 ü olan  $\sigma_{0.33}$  gerilmesine karşı gelen şekil değiştirme

$\epsilon_{0.05}$ : Duvar prizma basınç dayanımının %5 i olan  $\sigma_{0.05}$  gerilmesine karşı gelen şekil değiştirme

Çıtıptıoğlu ve ark. (1997) dolgu duvarın elastisite modülünün tespitinde aşağıdaki bağıntıyı önermişlerdir.

$$\text{Kireç harçlı dolgu duvar;} \quad E=500*(f_c)_T \quad (4.2)$$

$$\text{Çimento harçlı dolgu duvar;} \quad E=1000*(f_c)_T \quad (4.3)$$

Denklem (4.2) ve (4.3)'te,  $(f_c)_T$  dolgu duvar biriminin basınç dayanımıdır.

Yapılan bazı çalışmalar incelenerek araştırmacıların çalışmalarında kullandıkları tuğla dolgu duvar elastisite modülleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.  $E_a$

basınç altındaki duvarın elastisite modülü ve  $E_c$  betonun elastisite modülüdür. Formüsel olarak sunulan kabuller aşağıdaki gibidir.

$$\text{FEMA306 (Fema 1999)} \quad E=550*(f_m') \quad (4.3)$$

$$\text{Paulay ve Priestley} \quad E=700*(f_m') \quad (4.4)$$

$$\text{Canadian Standards Association} \quad E=850*(f_m') \quad (4.5)$$

Denklem (4.3.), (4.4) ve (4.5)'te,  $(f_m')$  dolgu duvar biriminin basınç dayanımıdır.

Çizelge 4.1. Tuğla Duvar Elastisite Modülleri (Beklen,2009)

Araştırmacı-Yıl	$E_d$ (MPa)	$E_c$ (MPa)	$E_d/E_c$
Aydoğdu-1995	5200	30000	1/6
Erkaya-1996	6000	28500	1/5
Yalçın-1999	1240	30000	1/24
Tüzün-1999	5000	28500	1/6
Çağatay-2002	2850	28500	1/10
Öktem-2003	6000	12000	1/2
Erçetin-2004	15200	29600	1/2
Karslıoğlu-2005	1393	28500	1/20
Dündar-2006	700	25310	1/36
Özdoğu-2006	1650	25000	1/15
Budak-2006	17000	28500	1/1.7
Çağlayan-2006	714	29600	1/40
Tarakçı-2006	1000	28000	1/28
Dönmez-2006	3000	32000	1/10
DBYBHY-2007	1000	*	*

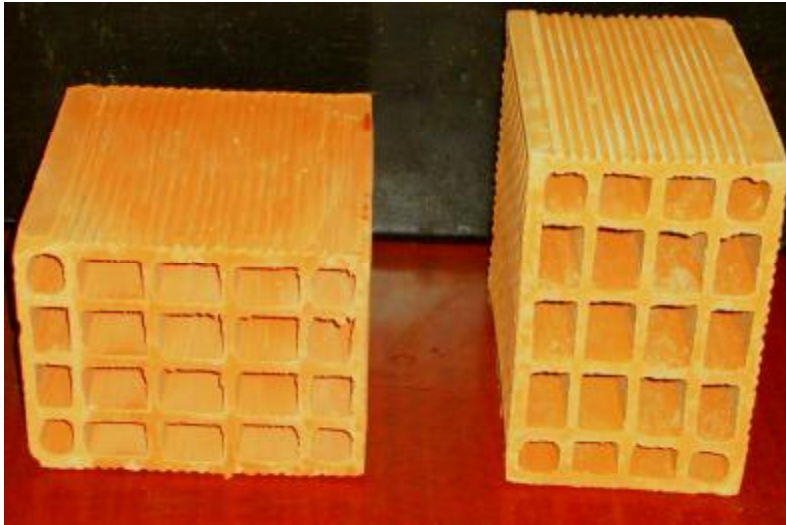
Çizelge 4.2. TS 2848 Duvar Harcı Basınç Dayanımları

Harç Sınıfı	Min. Basınç Dayanımı	
	kgf/cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>
A(3:1)	150	1471
B	110	1079
C	50	490
D(6:1)	20	196
E	5	49

### 4.3. Dolgu Duvar Yapımında Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

#### 4.3.1. Tuğla Malzeme Özellikleri

Tuğla duvar deneylerinde dolgu duvar malzemesi olarak, yatay delikli, delikli pres ve tam dolu pres tuğlalar kullanılmıştır. Adana Tuğla fabrikasında üretilen yatay delikli tuğlanın boyutları 190x190x135 mm, delikli pres tuğlanın boyutu 190x90x50 mm ve dolu pres tuğlanın boyutu 215x102x65 mm olarak kullanılmış ve ilgili malzemelerin mekanik özellikleri Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Yatay Delikli Tuğlanın Görünümü

Çizelge 4.3. Yatay Delikli Tuğlanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Boyutlar (mm)	190x190x135
Basınç Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	5,2
Bir adedinin ağırlığı (gr)	2800-3000



Şekil 4.3. Normal Dolu Pres Tuğlanın Görünümü

Çizelge 4.4. Normal Dolu Pres Tuğlanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Boyutlar (mm)	215x102x65
Basınç Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	8-10
Bir adedinin ağırlığı (gr)	3195



Şekil 4.4. Delikli Pres Tuğlanın Görünüşü

Çizelge 4.5. Delikli Pres Tuğlanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Boyutlar (mm)	190x90x50
Basınç Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	8-10
Bir adedinin ağırlığı (gr)	1460

#### 4.3.2. Harçların Özellikleri

Yapılan deneysel çalışmada, duvar örümlerinde zayıf ve güçlü harç olmak üzere iki çeşit harç kullanılmıştır. TS 24 esaslarına göre yapılan harçların hacimsel karışım oranları Çizelge 4.6'daki gibidir.

Çizelge 4.6. Harçların Hacimsel Karışım Oranları

Harç Cinsi	Malzeme Miktarları	
	Kum	Çimento
Zayıf Harç	6	1
Güçlü Harç	3	1

Deneyel çalışmada, duvar örümünde gerekli olan harcın yapımında, hacimsel olarak karıştırılan malzemeye uygun oranda kampüs su şebekesinden sağlanan musluk suyu kullanılmıştır.

Harçların yapımında kullanılan çimento Adana Çimento A.Ş' nin TS 19 göre ürettiği normal portland çimento (PÇ 325)'dur. Çimentoya ait mekanik özellikler Çizelge 4.7'de verilmiştir.

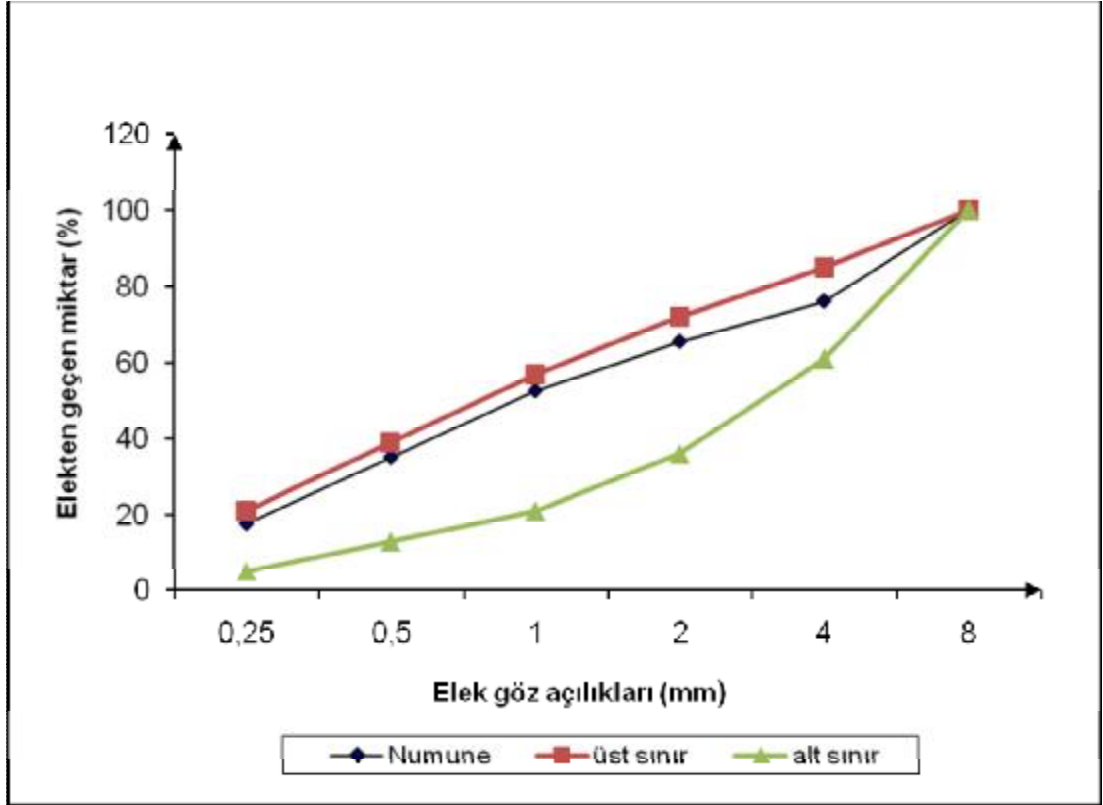
Çizelge 4.7. PÇ 325'in Mekanik Özellikleri

Dayanımlar (kg/cm <sup>2</sup> )	7 gün	28 gün
Basınç Dayanımı	228	348
Eğilmede Çekme Dayanımı	49	65

Deneyel çalışmada tuğla duvar örgü işleminde kullanılan harcın imalatında kullanılan kum, Adana piyasasından temin edilen granülometrik değerleri Çizelge 4.8'de verilen yıkanmış ve elenmiş dere kumudur.

Çizelge 4.8. Harç Kumunun Granülometri Değerleri

Elek göz açıklığı (mm)	Elekten geçen malzeme (%)
0,25	17,69
0,5	35,05
1	52,61
2	65,41
4	76,06
8	100



Şekil 4.5. Harç Kumuna Ait Granülometri Eğrisi

Harçların 28 gün sonunda belirlenen mekanik özellikleri Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelgelerde verilen değerler ortalama değerlerdir.

15x15x15 cm boyutunda küp harç numuneleri ile eksenel basınç kuvveti altında yapılan deneylerde oluşturulan  $\sigma$ - $\epsilon$  eğrileri kullanılarak Elastisite Modülleri hesaplanmıştır.



Şekil 4.6. Zayıf Dayanımlı Harca Ait Küp Numune (15x15cm)



Şekil 4.7. Zayıf Dayanımlı Harca Ait Küp Numune Basınç Yükleme Sonrası Oluşan Çatlaklar (15x15cm)

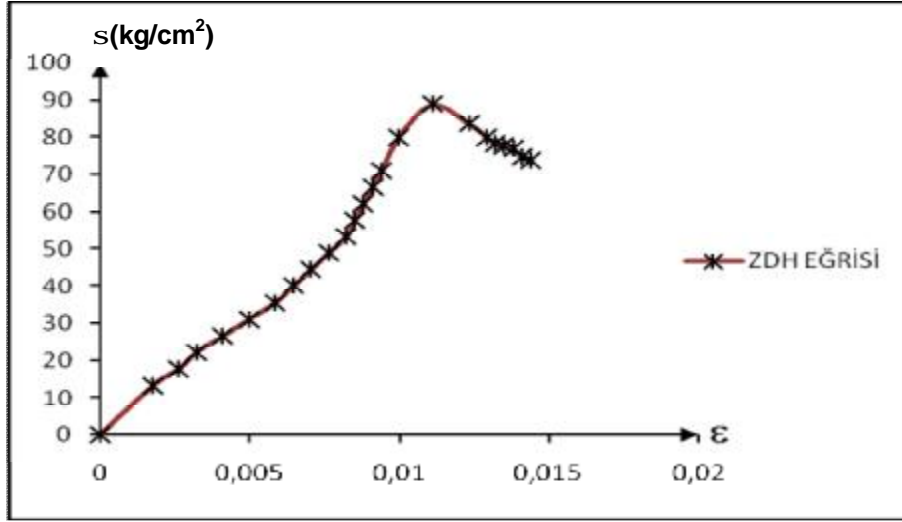
Çizelge 4.9. Zayıf Harca ait mekanik özellikler

Basınç mukavemeti	(kg/cm <sup>2</sup> )	88,9
Elastisite Modülü	(kg/cm <sup>2</sup> )	799,5
Numune boyutları	(cm)	15x15x15



Şekil 4.8. Zayıf Dayanımlı Harca Ait Küp Numune Basınç Yüklemesi Sonrası Oluşan Çatlaklar (15x15cm)

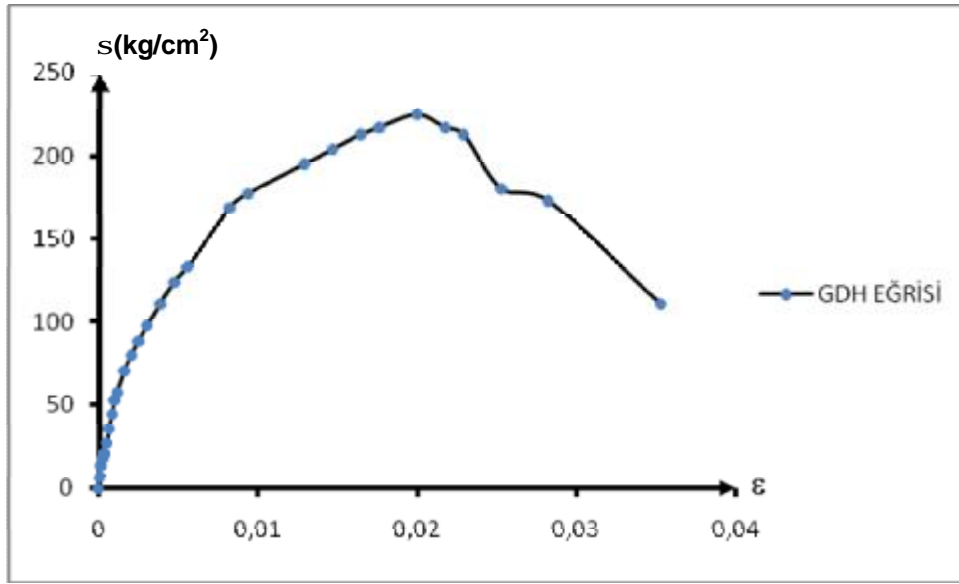
Deneyde elde edilen zayıf harç basınç dayanımı, Çizelge 4.2’de verilen TS 2848 duvar harcı min. basınç dayanım tablosuyla karşılaştırıldığında zayıf dayanımlı karışım harç oranı için deneydeki 88,9 kg/cm<sup>2</sup> sonucunun; D(6:1) karışımı için verilen min. sınır 20 kg/cm<sup>2</sup> nin üzerinde olduğu ve bu sınır koşulu sağladığı görülmüştür.



Şekil 4.9. Zayıf Dayanımlı Harca Ait Yapılan Deneyler Sonucu Elde Edilen Ortalama Gerilme Deformasyon Eğrisi



Şekil 4.10. Güçlü Dayanımlı Harca Ait Küp Numune (15x15cm)



Şekil 4.11. Güçlü Dayanımlı Harca Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi



Şekil 4.12. Güçlü Dayanımlı Harca Ait Küp Numune Basınç Yüklemesi Sonrası Oluşan Çatlaklar (15x15cm)



Şekil 4.13. Güçlü Dayanımlı Harca Ait Küp Numune Basınç Yüklemesi Sonrası Oluşan Çatlaklar (15x15cm)

Çizelge 4.10. Güçlü Harca ait mekanik özellikler

Basınç mukavemeti	(kg/cm <sup>2</sup> )	225,3
Elastisite Modülü	(kg/cm <sup>2</sup> )	1126,4
Numune boyutları	(cm)	15x15x15

Deneyde elde edilen güçlü harç basınç dayanımı, Çizelge 4.2’de verilen TS 2848 duvar harcı min. basınç dayanım tablosuyla karşılaştırıldığında güçlü dayanımlı karışım harç oranı için deneydeki 225,3 kg/cm<sup>2</sup> sonucunun; A(3:1) karışımı için verilen min. sınır 150 kg/cm<sup>2</sup> nin üzerinde olduğu ve bu sınır koşulu sağladığı görülmüştür.

### 4.3.3. Numune Boyutları ve Çeşitleri

Deneyler ilk seride 5 adet olmak üzere; zayıf harçla yatay delikli ve delikli pres tuğladan oluşan ve aşağıda belirtilen şekilde örülmüştür. Bu amaçla toplam 21 adet tuğla duvar numunesi yapılmıştır.

#### 4.3.3.1. Numunelerin İmali

İlk olarak numunelerin örülerek yükleme çerçevesine taşınımlarını ve yükün uygulamasının üniform olmasını sağlamak amacıyla, literatürlerde belirtilen 25 mm'lik et kalınlığında çelik plakalar çerçeve genişliğine uygun olarak yaptırılmıştır. Plakalar suyla temasta meydana gelecek paslanma ve diğer etkilerden korunma amaçlı olarak pas çözüle temizlenmiş ve boyanmıştır. Hazırlanan numunelere taşıma kollarıda yapılmış ve ilk etapta zayıf harçtan oluşan ilk 5 adet 3 sıra yatay delikli ve 2 sıra delikli pres tuğlayla, düşey ve yatayda 1cm derz kalınlığı kalacak şekilde muntazam olarak örülmüştür. Numuneler ilk bir hafta daha yoğun olmak üzere, deney gününe kadar normal laboratuvar şartlarında sulamaları muntazam yapılarak kür edilmişlerdir. Hazırlanan duvar numuneleri, örüm işleminden 28 gün sonra kırılmıştır. İkinci seri numuneler ilk örülen numunelere paralel olarak güçlü harçla örülmüş, düşeyde konulan tuğla sayısı arttırılarak farklı kombinasyonlar düşünülmüştür. Son olarak ise hem güçlü hemde zayıf harçtan olmak üzere, pratikte kullanım oranlarına bakılarak yatay delikli tuğladan 3, delikli pres tuğladan 2 ve dolu pres tuğladan 2 olmak üzere zayıf ve güçlü harçlardan toplamda 11 adet panel 100x100 cm, 100 x 75 cm boyutlarında düzgün örülmüştür ve 28 günlük kür süresine kadar gerekli şekilde sulanmış ve korunumu sağlanmıştır.

#### 4. 4. Deney Tekniği ve Programı

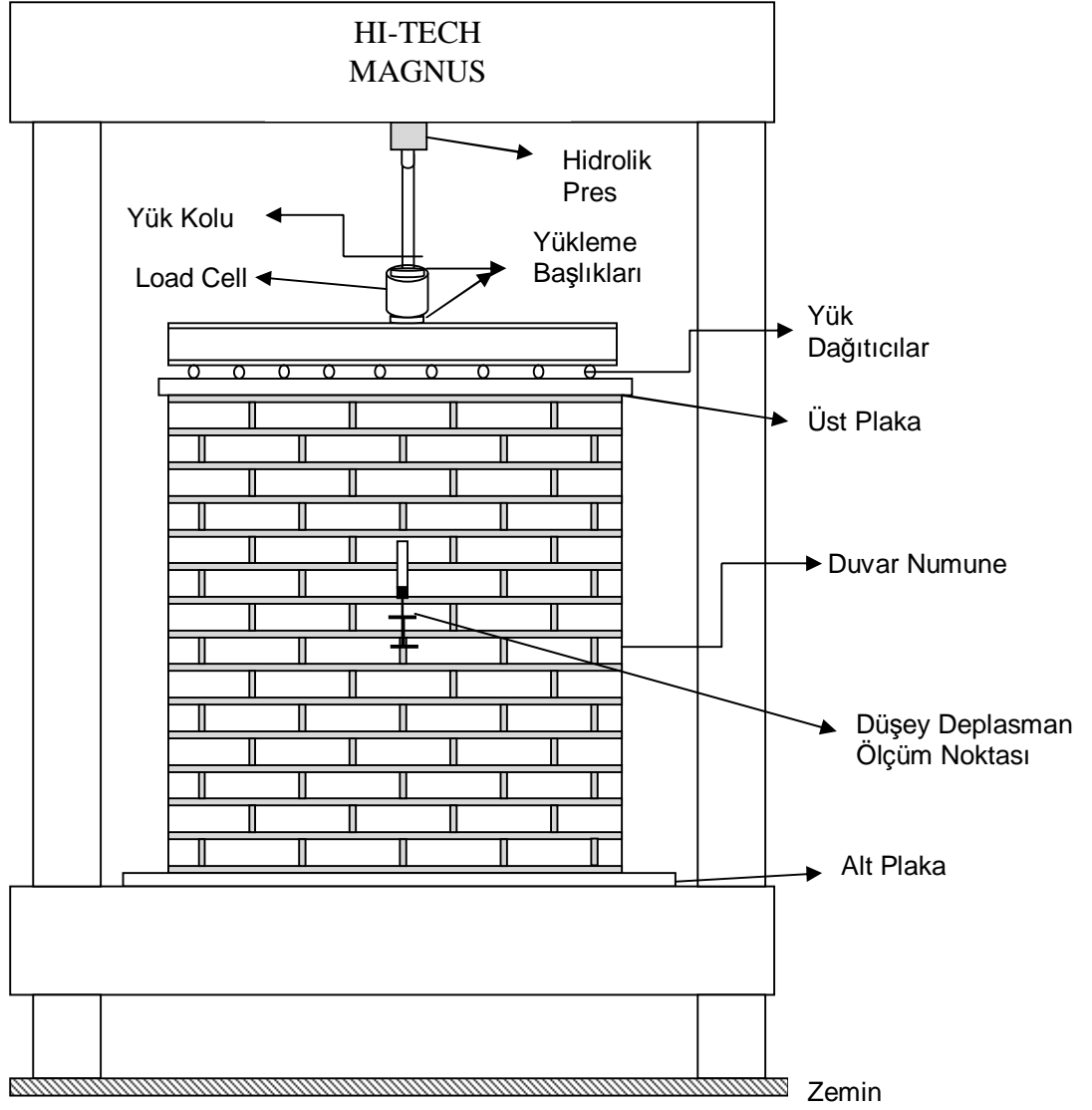
##### 4.4.1.Yük Okumaları

Numuneler üzerine basınç kuvvetinin uygulanmasında, 30 ton kapasiteli HI-TECH MAGNUS marka çelik çerçeve sistemi kullanılmıştır. Çerçevenin açıklığı 4.60 m yüksekliği özel imal edilmiş çeneler arasında 1.90 m'dir (Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16).

Tuğla duvarlar üzerinde uygulanan eksenel basınç testinde kullanılan başlıca aletler aşağıda sıralanmaktadır.

- 1) 25 mm kalınlığında çelik plaka
- 2) Load Cell (Yük ölçer)
- 3) Transducer (deplasman ölçer) ve çelik sehpa
- 4) Komparatör (deplasman okuma saati)
- 5) Strain Gauge (Eksenel yönde kısalma ve uzama için deplasman ölçer)
- 6) ADU aleti, ADU yazılımı ve bilgisayar
- 7) Portable Data Logger
- 8) Yük dağıtıcı aparatlar
- 9) Hidrolik silindir, hidrolik için pompa
- 10) Kamera

Hazırlanan numuneler eksenel basınç altında (eksenel yük) test edileceğinden, numuneye tatbik edilecek yükün uygulama noktası load cellin bombeli ağzına oturacak, 30 mm çaplı şekilde hazırlanmış dairesel çelik yük plakasıyla gerçekleştirilmiştir.



Sekil 4.14. Yükleme Çerçevesi ve Deneysel Düzenek Detayı

Ölçümler merkez düşey ekseninde üniform düşey yükün etkilerini tam yansıtmak üzere yeterli seviyede gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.15. Deneylerde Kullanılan Yükleme Çerçevesi



Şekil 4.16. Yükleme Plakası

Deneyel çalışmada, tuğla duvar numunesi testi sırasında elemana etkiyen yükü tespit etmek için iki adet Load Cell (yük hücresi) kullanılmıştır. Bunlardan ilki 20 t kapasiteli; SC 20 t modelinde, 57135 seri numaralı olarak Esit Elektronik Sistemler İmalat ve Ticaret Ltd. Şti. tarafından üretilen, diğeri ise 50 t kapasiteli; CLE-50-A tipinde, LU2028 seri numaralı olarak Tokyo Sokki Kenkyujo Co. Ltd firması tarafından üretilen Load Cell'dir. Deneyel çalışmada kullanılan Load Cell aletlerine ait kalibrasyon düzeneği ve kalibrasyon grafikleri Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de verilmektedir.



Şekil 4.17. 20 t Kapasiteli Load Cell (yük hücresi)



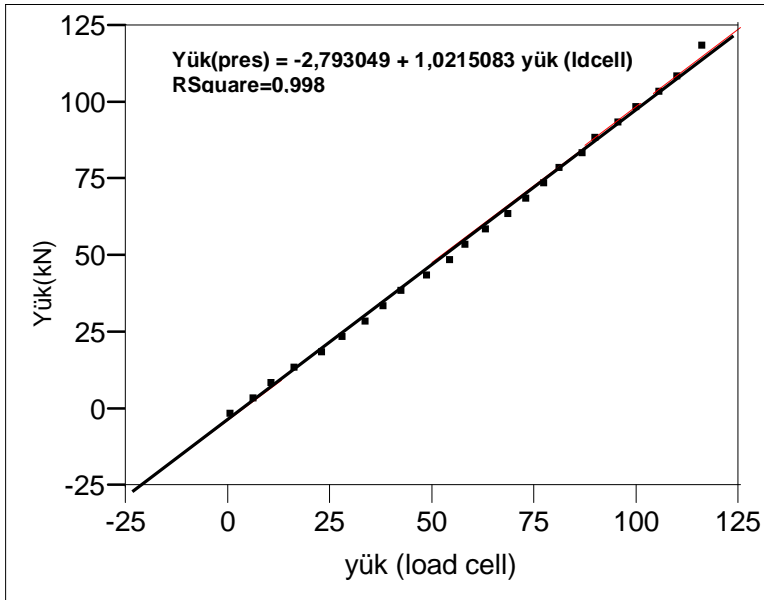
Şekil 4.18. 50 t Kapasiteli Load Cell (yük hücresi)



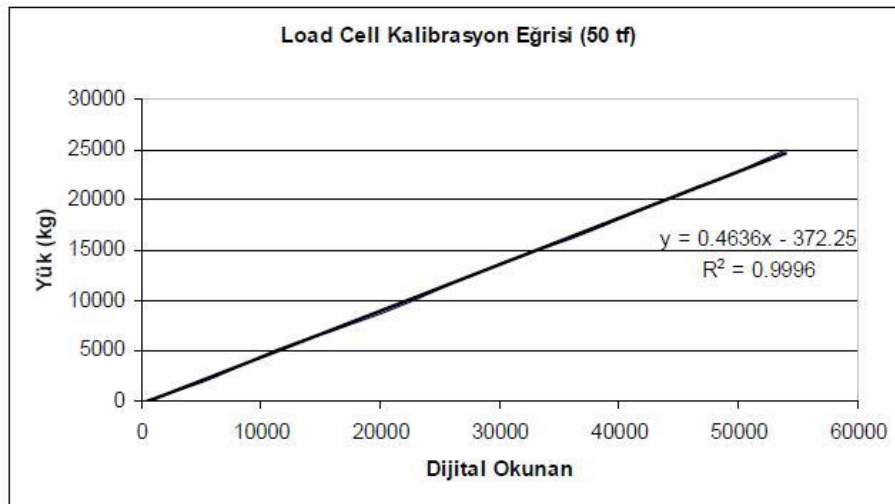
Şekil 4.19. Hidrolik Pres



Şekil 4.20. Load Cell Kalibrasyon Düzenegi



Şekil 4.21. 20 t Kapasiteli Load Cell Kalibrasyon Eğrisi



Şekil 4.22. 50 t Kapasiteli Load Cell Kalibrasyon Eğrisi



Şekil 4.23. Load Cell Üst ve Alt Yükleme Plakası

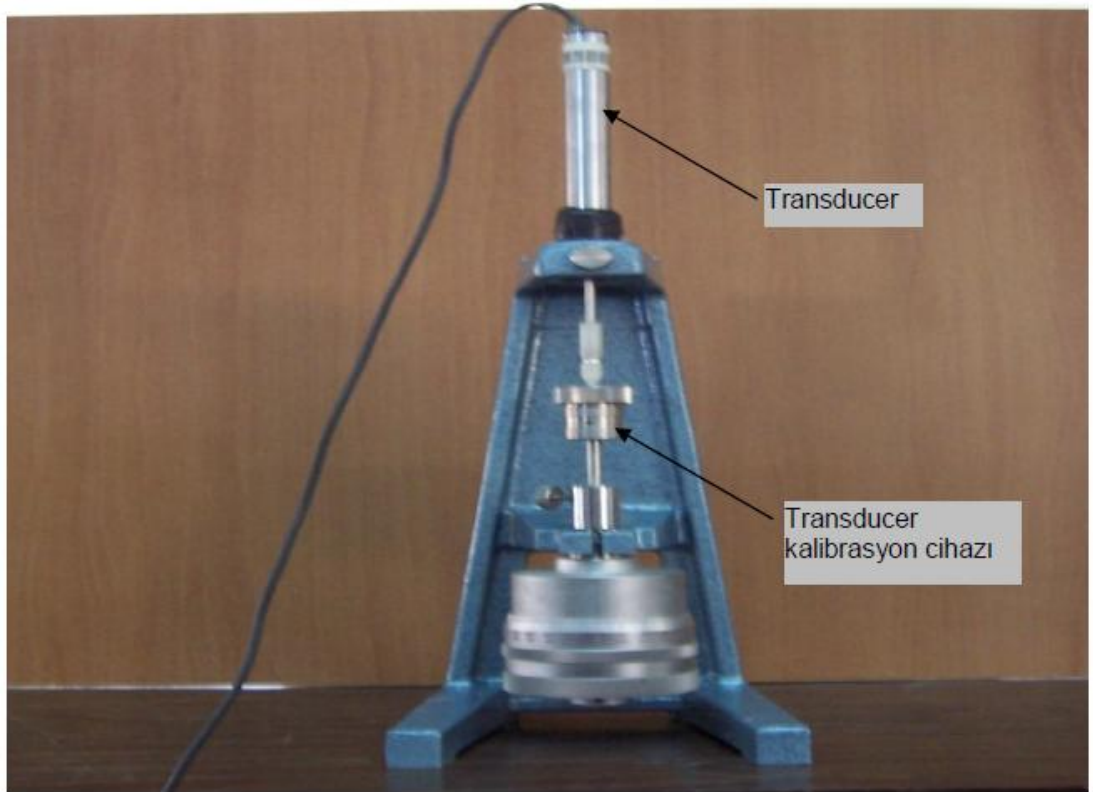
Eksenel basınç altında test edilen tuğla duvar numunelerinin ön ve arka orta bölgede 2 noktada basınç yükü altında yaptığı düşey deplasmanları ölçmek üzere mekanik transducer (deplasman ölçer) aleti kullanılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan transducerlar; iki adet 10 mm stroklu, M015510-0, M015510-08, M017930-1, M870710-05, M858440-26 seri numaralı olarak ELE firması tarafından üretilmiştir (Şekil 4.24).



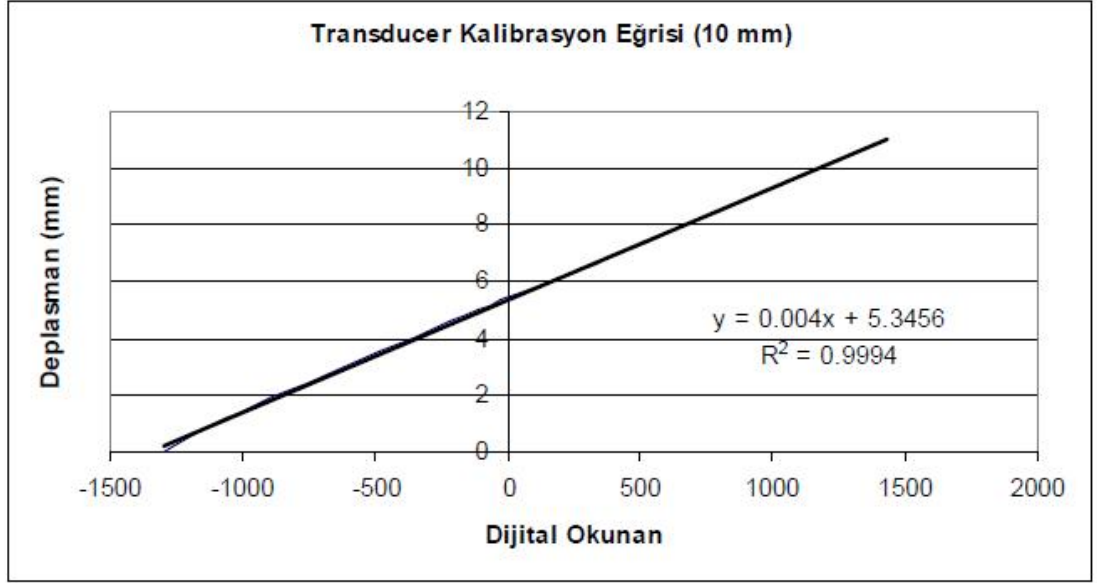
Şekil 4.24. Deplasman Ölçer (Transducer)

Deney sırasında, düşey konsantrik üniform basınç yükü etkisiyle tuğla duvar numuneleri üzerinde meydana gelecek düşey deplasmanları ölçmek üzere kullanılan transducerların numunelere uyarlanması için çeşitli aparatlar yaptırılmıştır..

Deneyisel çalışmada kullanılan transducer aletlerinin kalibrasyon düzeneği ve transducer kalibrasyon eğrileri Şekil 4.25 ve 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.25. Transducer Kalibrasyon Düzeneği



Şekil 4.26. 10 mm Stroklı Transducer Kalibrasyon Eğrisi

Deney çalışmasında, aksel basınç yüküne karşılık gelen deplasmanları okumak ve yük deplasman datalarını elde etmek için ELE firması tarafından MM700 seri numaralı olarak üretilen ADU Data Logger aleti, ADU yazılımı ve bilgisayardan faydalanılmıştır (Şekil 4.27). ADU aleti, sekiz kanallı olarak tasarlanmış ve bir mikro bilgisayara bağlanarak geliştirilen yazılımı sayesinde deney sırasında Load Cell ve Transducer tarafından okunan yük ve deplasmanlar zamana bağlı olarak bilgisayara kaydedilmektedir. Böylece duvar testi sırasında yüklemenin başlangıcından numune taşıma gücüne ulaşma anına kadar tüm yük ve deplasman değerleri elde edilmiş olmaktadır.

Malzeme karakterinin tayininde güçlü ve zayıf harç numunelerinin ve tuğlaların dayanımlarının tespitinde-malzemeye ait gerilme deformasyon değerlerinin tespitinde ELE firmasına ait ANKATEST tarafından üretilen pres aleti kullanılmıştır. Tuğla duvar numunelerinin deplasman okumalarında, düşey yöndeki birim kısaltmaların ölçümünde strain gauge aletide kullanılmıştır. Kullanılan strain gauge'in ölçme faktörü 2,09 ve her ölçümde her bir rozet için çeyrek bağlantı köprüsü oluşturulmuş oluşturulan çeyrek köprü detayı Şekil 4.29'da verilmiştir.

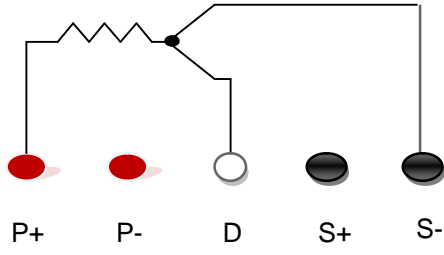


Şekil 4.27. ADU Data Logger Aleti, ADU Yazılımı ve Bilgisayar

Duvar numunesine yükün uygulanması için HI-TECH marka hidrolik silindir yükleme çerçevesine monte edilmiştir. Hidrolik silindir kollu yük pompası sistemi HI-FORCE ile yük aktarılmıştır (Şekil 4.33).



Şekil 4.28. Strain Indicator Cihazı



Şekil 4.29. Wheatstone Çeyrek Köprü Bağlantı Detayı

Deney sırasında mekanik deplasman ölçerlerin (transducer) doğru ölçüm aldığını test etmek amacıyla numuneye tek yönde  $10^{-2}$  mm hassasiyetli komparatör tatbik edilmiş ve deney sonucunda transducer tarafından alınan ölçümlerle, komparatör okumalarının bire bir uyuştugu gözlenmiştir.



Şekil 4.30. Komparatör

Numunelere düşey doğrultuda basınç yüklemesi, 20 t kapasiteli ve 50 t kapasiteli yüksek basınçlı el pompalarıyla uygulanmıştır (Şekil 4.31-Şekil 4.32).



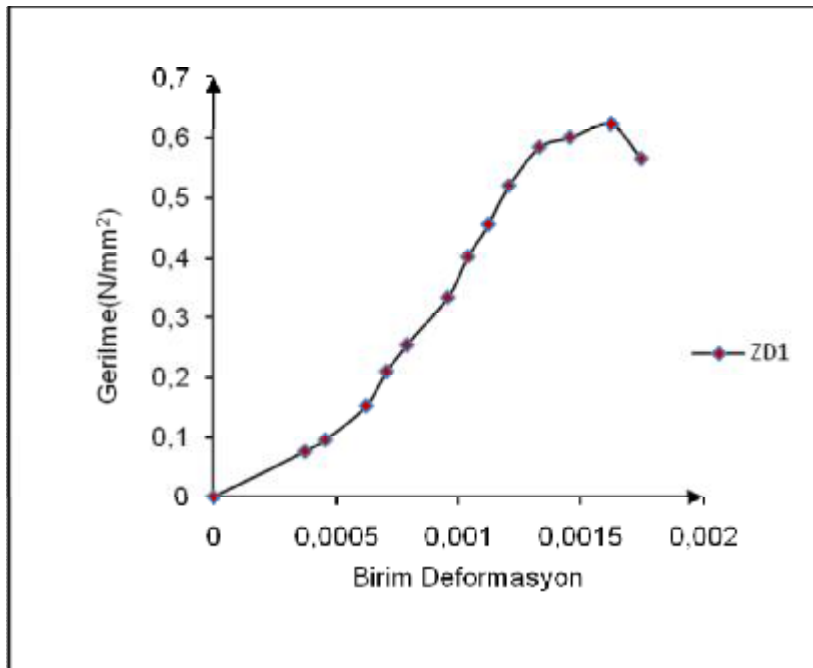
Şekil 4.31. Hidrolik Silindir, Yüksek Basıncılı El Pompası



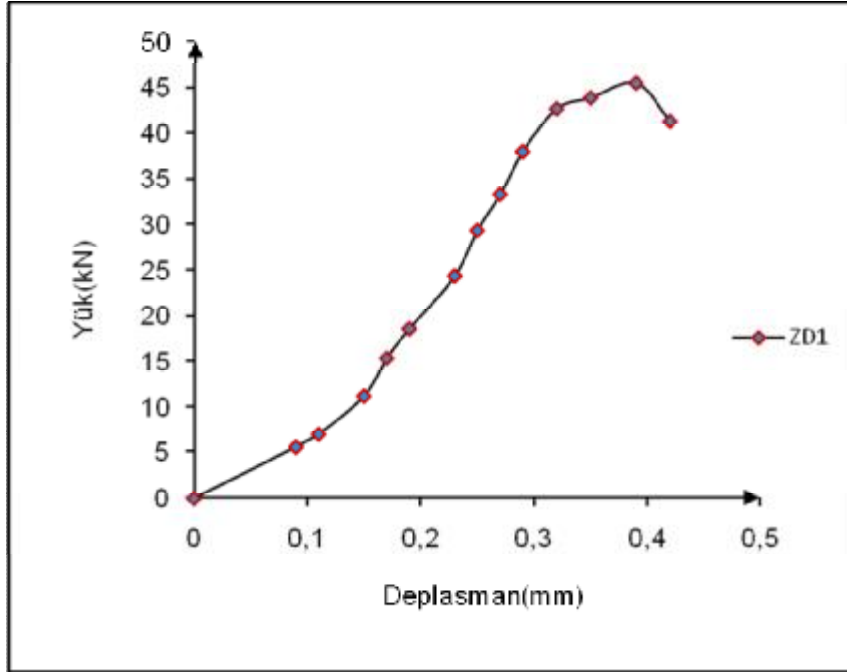
Şekil 4.32. Hidrolik Silindir Motorlu ve Kollu Yükleme Mekanizması



Şekil 4.33. Yatay Delikli Zayıf Harçlı 2 Sıralı Prizma Numunesi (ZD1)



Şekil 4.34. ZD1 Numunesi Gerilme Deformasyon Eğrisi



Şekil 4.35. ZD1 Numunesi Yük- Deplasman Eğrisi

Çizelge 4.11 . ZD1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

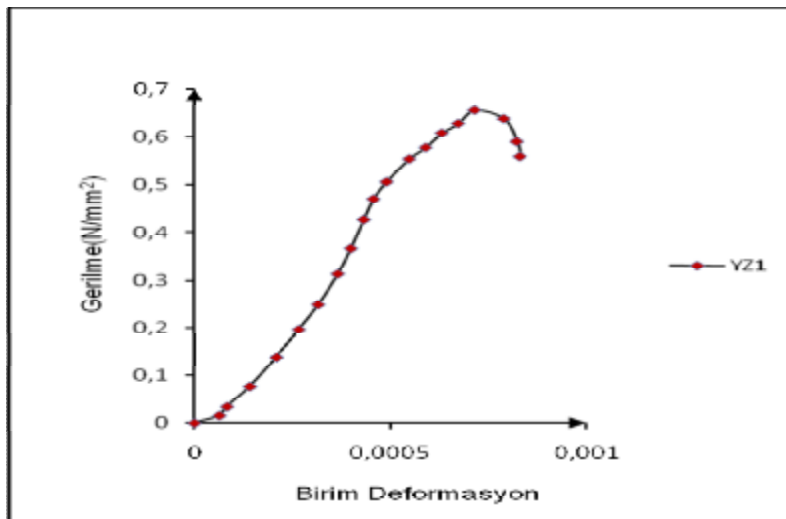
METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPITIOĞLU
<b>E(MPa)</b>	<b>382,78</b>	1000	342,11	435,41	382,78	528,71	622,01

DeneySEL çalışmaya ilk bu zayıf harçlı 2 sıralı yatay delikli numuneyle başlanmış ve boyut etkisinin elastisite modülüne olan etkisi araştırılmıştır. Sonuçta bulunan elastisite modülü Çizelge 4.11’de verilen diğer standartlarla karşılaştırılmış ve bu değerlerin altında bulunmuştur. Ancak standartlarda verilen elastisite modülü değerleri genel kabullere dayanarak harcın türü belirtilmeksizin belirlenmiş olduklarından elde edilen sonucun deneysel olarak sınırlar dahilinde olduğu düşünülmüştür. ACI(1995) de verilen değersel oran, (4.1) denkleminde önerilen

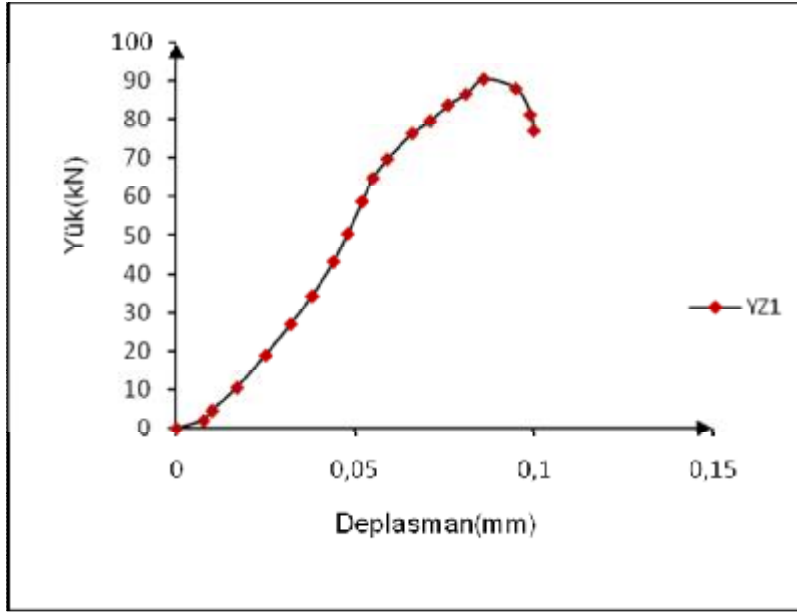
şekilde hesaplandığından değersel olarak deneysel datalarıyla kullanıldığından bu ve bundan sonraki numune deneylerinde aynı sonucu vermektedir. Bu açıdan diğer numune deney yorumlarında diğer formül ve kabullerin yakınsamaları vurgulanmış,hepsinde birebir sonucu veren ACI(1995) tekrarlanmamıştır.



Şekil 4.36. Yatay Delikli Zayıf Harçlı 2 Sıralı 4'lü Prizma Numunesi (YZ1) Yükleme Sonrası Oluşan Çatlaklar.



Şekil 4.37. YZ1 Numunesi Gerilme Deformasyon Eğrisi



Şekil 4.38. YZ1 Numunesi Yük- Deplasman Eğrisi

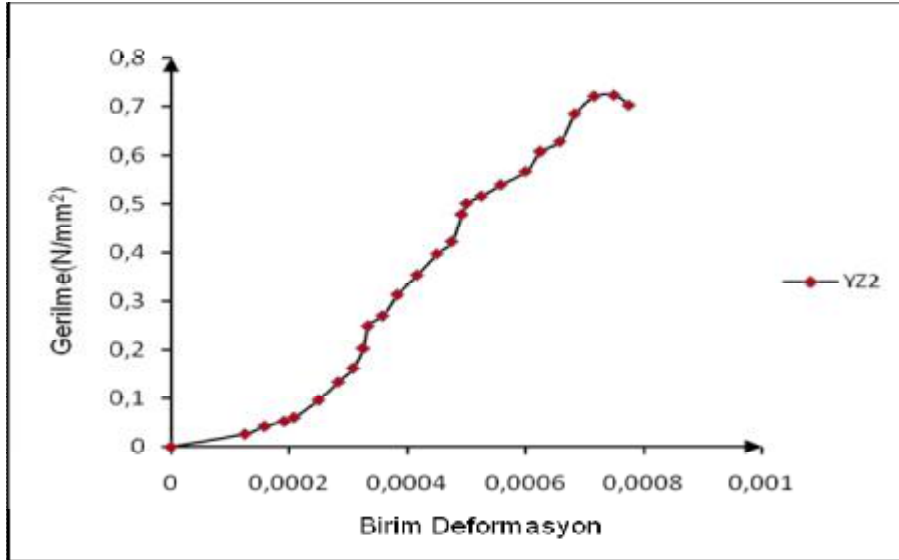
Deneysel çalışma devamında 2'li sıralı 4'lü yatay delikli prizmayla devam etmiş bu zayıf harçlı numuneyle boyut etkisinin elastisite modülüne olan etkisi araştırılmıştır. Sonuçta bulunan elastisite modülü Çizelge 4.12'de verilen diğer standartlarla karşılaştırılmış ve bu değerlerin altında bulunmuştur. Ancak standartlarda verilen elastisite modülü değerleri genel kabullere dayanarak belirlenmiş olduklarından elde edilen sonuç deneysel olarak sınırlar dahilindedir. TDY2007'ye göre elde edilen değer, deneysel sonuca çok yakın bulunmuştur. Diğer kabul ve standartlara göre elde edilen sonuçlar hemen hemen deney sonucunun yarısına yakın oranda fark göstermektedir.

Çizelge 4.12 . YZ1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇİTİPİTİOĞLU
E(MPa)	917,59	1000	361,68	435,41	917,59	558,96	657,60



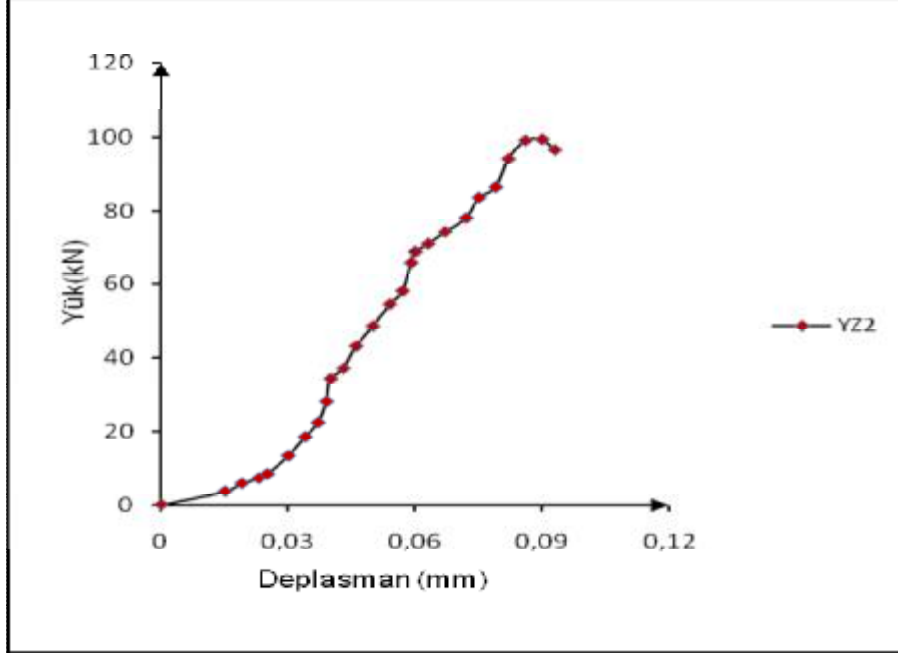
Şekil 4.39. Yatay Delikli Zayıf Harçlı 2 Sıralı 4'lü Prizma Numunesi (YZ2)



Şekil 4.40. YZ2 Numunesi Gerilme Deformasyon Eğrisi

Şekil 4.40'da gerilme deformasyon eğrisinin kademeli olarak bazı noktalarda iniş ve çıkışları deney esnasında uygulanan ilk kısımda yükün elle uygulanmasından

dolayı oluşan küçük miktardaki hız ayarından kaynaklanmakta ve genel itibariyle davranışta herhangi bir değişim yapmamaktadır.



Şekil 4.41. YZ2 numunesi Yük- Deplasman Eğrisi

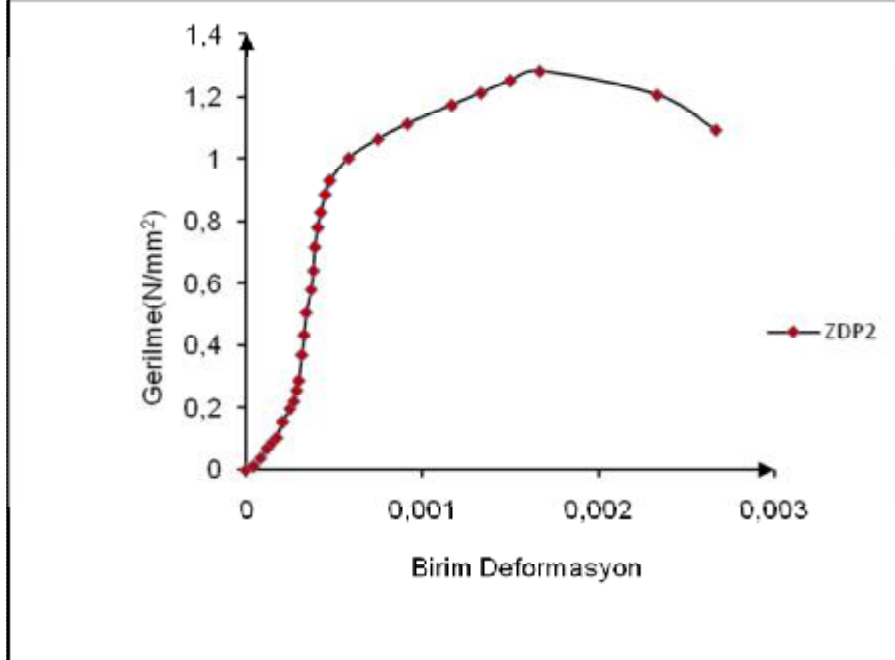
Deneyel 2'li sıralı 4'lü yatay delikli ikinci prizma numunesiyle devam etmiş bu zayıf harçlı numuneyle boyut etkisinin elastisite modülüne olan etkisi araştırılmıştır. Sonuçta bulunan elastisite modülü Çizelge 4.13'de verilen diğer standartlarla karşılaştırılmış ve bu değerlerin altında bulunmuştur. Ancak standartlarda verilen elastisite modülü değerleri genel kabullere dayanarak belirlenmiş olduklarından elde edilen sonuç deneysel olarak sınırlar dahilindedir. Elde edilen sonuç YZ1 numunesine paralel olarak elde edilmiş ve benzer numuneler, benzer davranış ve değer göstermiştir.

Çizelge 4.13. YZ2 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

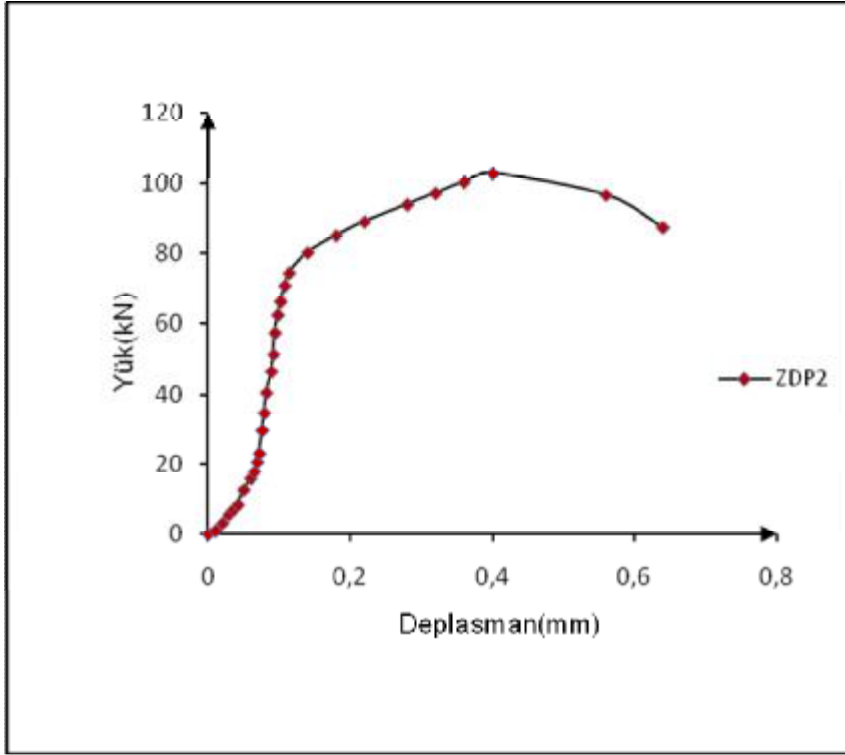
METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPİTİOĞLU
E(MPa)	<b>963.88</b>	1000	397.60	506.04	963.88	614.47	772.91



Şekil 4.42. Delikli Pres Tuğla Zayıf Harçlı 3 Sıralı 2'li Prizma Numunesi (ZDP2)



Şekil 4.43 ZDP2 Numunesi Gerilme Deformasyon Eğrisi



Şekil 4.44. ZDP2 Numunesi Yük Deplasman Eğrisi

Deneysel çalışma delikli pres tuğla 3 sıralı 2'li prizma numunesiyle (ZDP2) devam etmiş bu zayıf harçlı numuneyle bu çeşit tuğlanın ve boyut etkisinin elastisite modülüne olan etkisi araştırılmıştır. Sonuçta bulunan elastisite modülü Çizelge 4.14' de verilen diğer standartlarla karşılaştırılmış ve bu değerlerin altında bulunmuştur. Ancak standartlarda verilen elastisite modülü değerleri genel kabullere dayanarak belirlenmiş olduklarından elde edilen sonuç deneysel olarak sınırlar dahilindedir. Delikli pres türü olarak hazırlanan bu numuneler, benzer harç oranlarında örülen, yatay delikli tuğlalarla (YZ1-YZ2) karşılaştırılırsa deneysel verilere göre elde edilen eğrilerden, gerilme ve yük değerlerindeki artış yani basınç dayanımının artma davranışı açıkça görülmektedir.

Çizelge 4.14. ZDP2 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPITIOĞLU
E(MPa)	771	1000	706,75	899,5	771	1092,25	1285

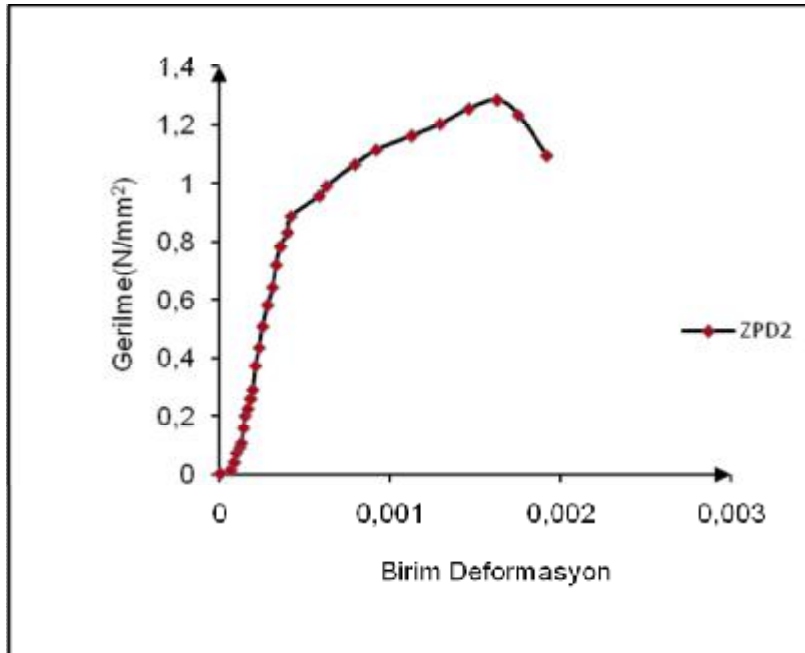


Sekil 4.45. ZDP2 Duvar Numunesi Göçme Anı ve Düşey Yönde Simetrik Olarak Oluşan Çatlaklar

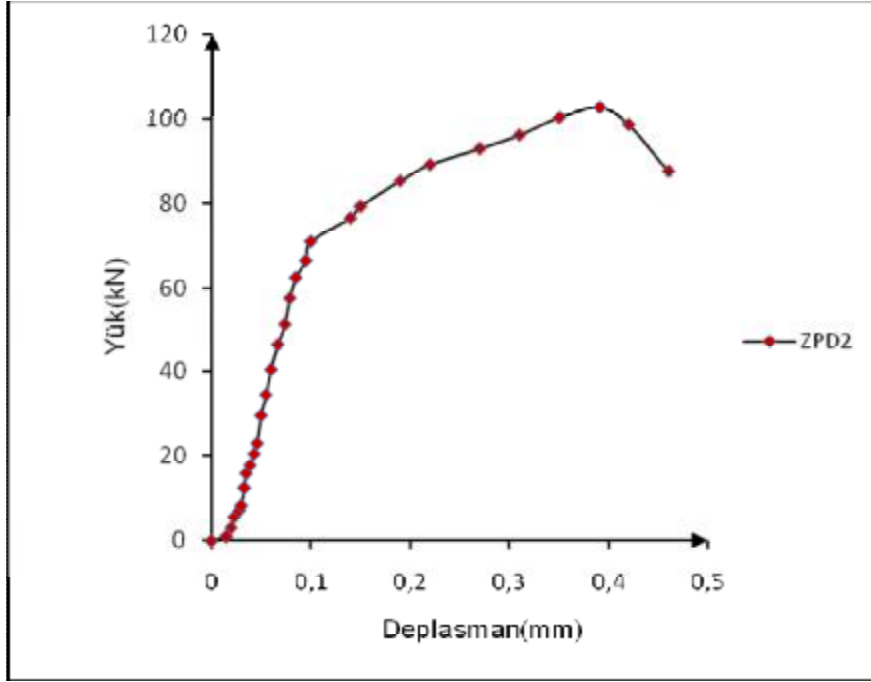
Oluşan çatlaklar konsantrik üniform yüklemenin etkisine paralel olarak orta bölgelerde ve kenarlarda derzlere paralel olarak gerçekleşmiştir.



Sekil 4.46. Delikli Pres Tuğla Zayıf Harçlı 3 Sıralı 2'li Prizma Numunesi (ZPD2)



Sekil 4.47. ZPD2 Numunesi Gerilme Deformasyon Eğrisi



Sekil 4.48. ZPD2 Numunesi Yük Deplasman Eğrisi

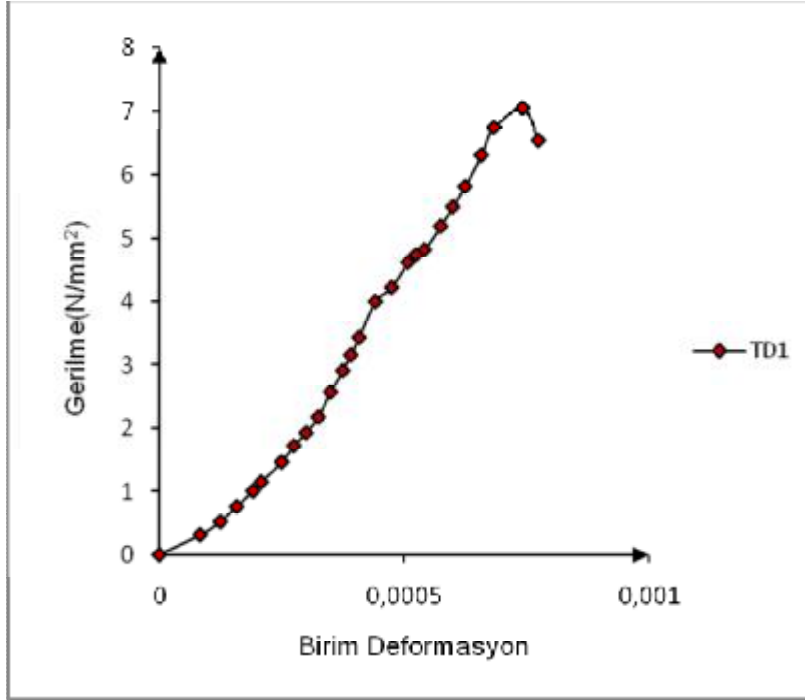
Deneyel çalışma delikli pres tuğla 3 sıralı 2'li ikinci prizma numunesiyle (ZPD2) devam etmiş bu zayıf harçlı numuneyle bu çeşit tuğlanın ve boyut etkisinin elastisite modülüne olan etkisi araştırılmıştır. Sonuçta bulunan elastisite modülü Çizelge 4.15'de verilen diğer standartlarla karşılaştırılmış ve bu değerlerin altında bulunmuştur. Ancak standartlarda verilen elastisite modülü değerleri genel kabullere dayanarak belirlenmiş olduklarından elde edilen sonuç deneysel olarak sınırlar dahilindedir. Bu boyutta hazırlanmış delikli daha önceki numuneyle paralel olarak elde edilen sonuçlar bu deneyde de tekrarlanmış, gerilme ve yük ile ilgili değişim grafikleri Şekil 4.47 ve Şekil 4.48 de verilmiştir.

Çizelge 4.15. ZPD2 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

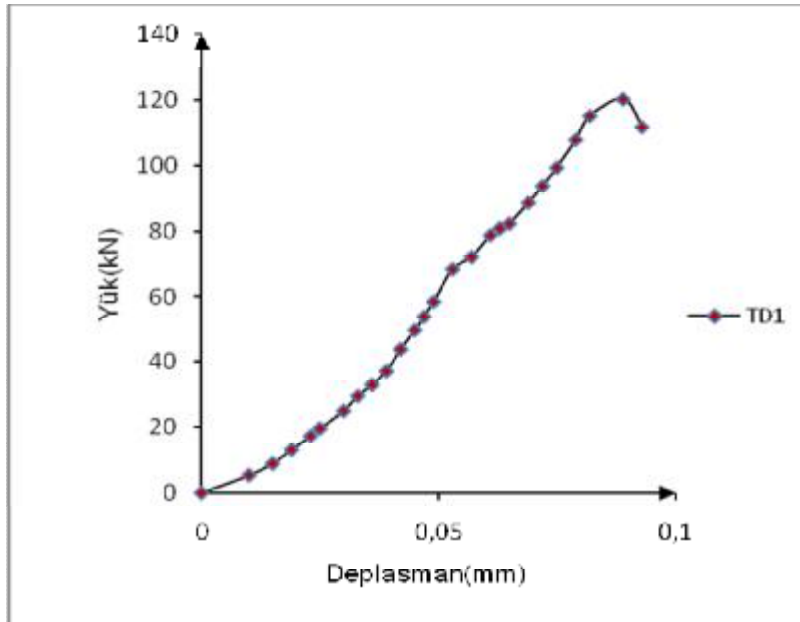
METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPİTİOĞLU
E(MPa)	791	1000	706	899	791	1092	1285



Şekil 4.49. Delikli Pres Tuğla Güçlü Harçlı Tekli 5 Sıra Duvar Numunesi (TD1)



Sekil 4.50. TD1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi



Sekil 4.51. TD1 Numunesi Yük Deplasman Eğrisi

Deneysel çalışma delikli pres tuğla güçlü harçlı tekli 5 sıra duvar numunesi (TD1) devam etmiş bu zayıf harçlı numuneyle bu çeşit tuğlanın ve boyut etkisinin

elastisite modülüne olan etkisi araştırılmıştır. Tekli sıralı numune basınç dayanımı deney sonucuna göre prizmalı numunelere oranla daha büyük elastisite modülü değerini almıştır. Çizelge 4.16’da deneysel sonuca en yakın elastisite modülü değeri Çıtıptıoğlu (1997) tarafından verilen ifade kullanılarak bulunan değer olarak görülürken, diğer standart ve kabullere göre elde edilen değerler, deneysel çalışma sonucundan düşük olarak bulunmaktadır. Ancak standartlarda verilen elastisite modülü değerleri genel kabullere dayanarak belirlenmiş olduklarından elde edilen sonuç deneysel olarak sınırlar dahilindedir ve verilen ifadelerin dolu pres tuğlaların gerçek değerini vermediği ve bu tür tuğlalar için kullanılabilir olduğu düşünülmemektedir.

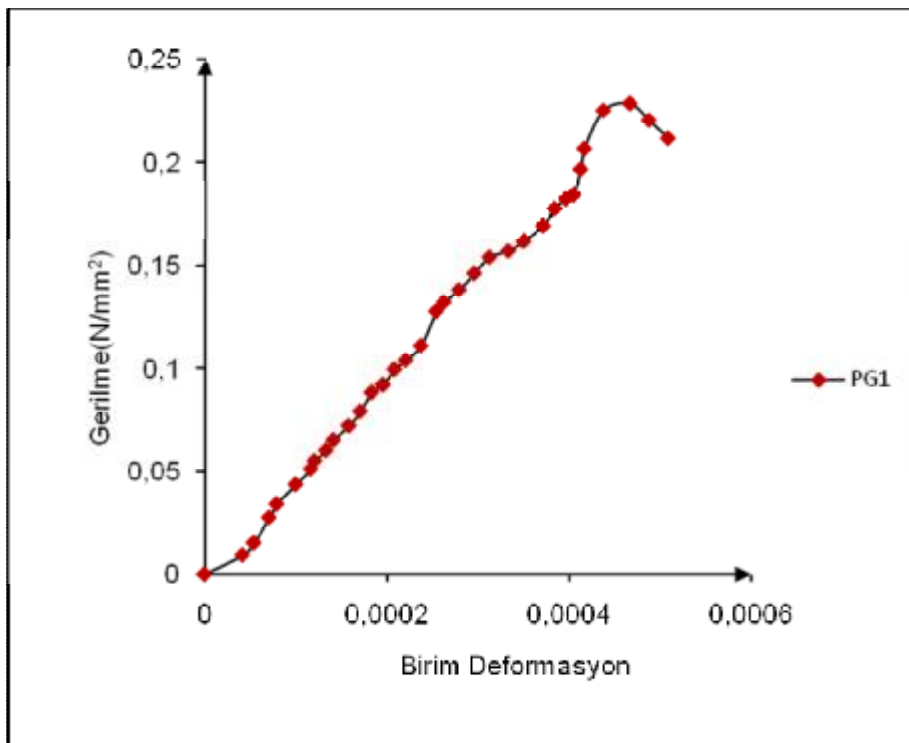
Çizelge 4.16. TD1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPITIOĞLU
<b>E(MPa)</b>	<b>9493</b>	1000	3873	4929	9493	5985	7041

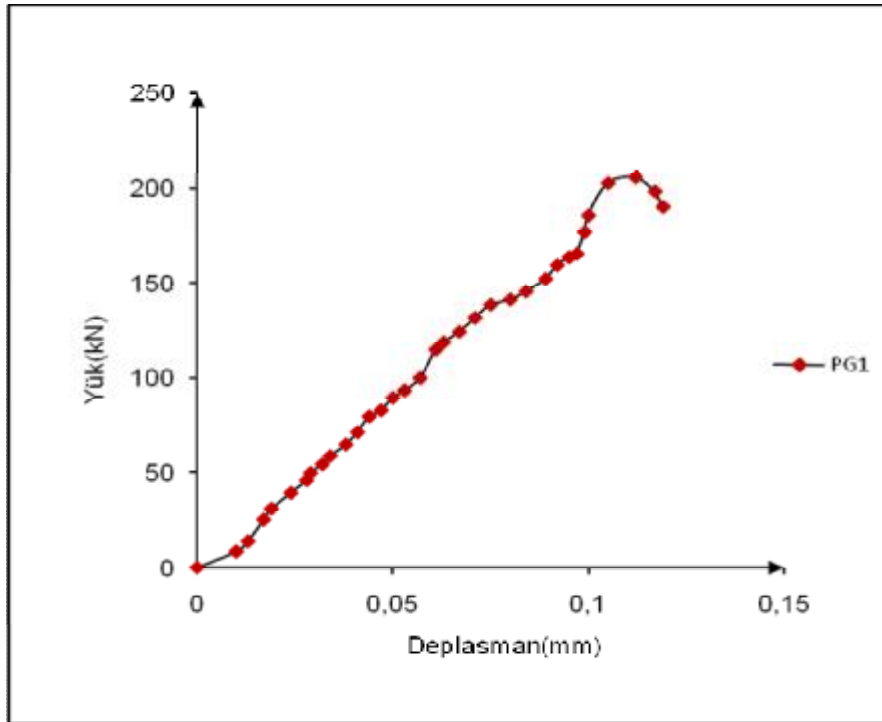
Deneyler küçük tek sıralı ve tip prizma modellerden, duvar düşey konsantrik ünüform yük etkisi altındaki davranışı yansıtabilmesi ve hesaplarda kullanılan elastisite modülü yaklaşımlarına deneysel olarak araştırma amacıyla yatay delikli tuğlalar 1m x 1m lik, dolu ve delikli pres tuğlalarda 0,75 x1m lik paneller şeklinde örülerek deneye tabi tutulmuşlardır. Bu seri deneylerin ilk başlangıcı güçlü harçla 1 x1m boyutlarında örülen yatay delikli tuğla (PG1) panel numunesidir. Yapılan deneyde duvar paneli uygulanan yüke paralel olarak orta ve köşe kısımlarında simetrik çatlaklar göstermiş ve beklenen çatlama durumu Şekil 4.52’de gösterilmiştir.



Sekil 4.52. Güçlü Harçlı 1mx1m lik Yatay Delikli Panel Numunesi (PG1)



Sekil 4.53. PG1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi



Sekil 4.54. PG1 Numunesi Yük Deplasman Eğrisi

Çizelge 4.17. PG1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

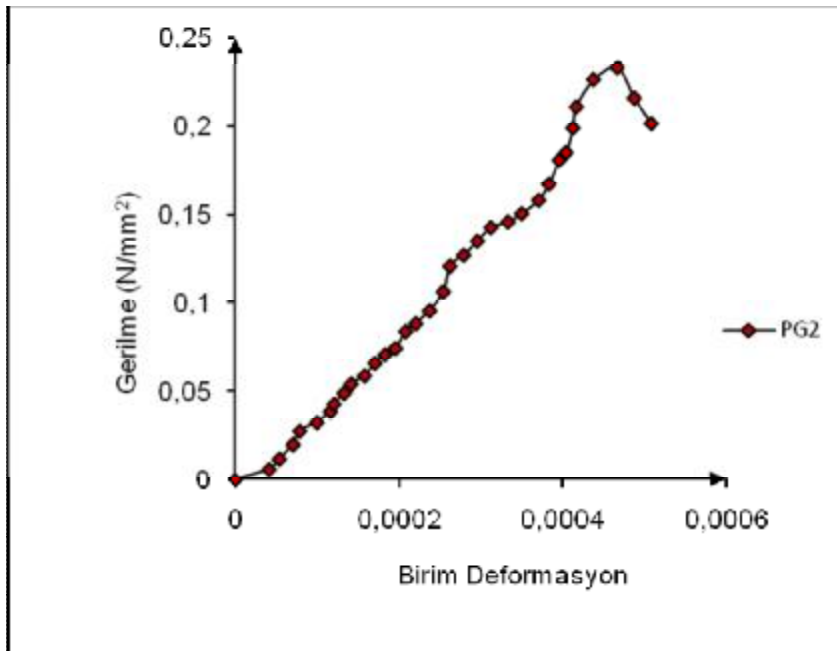
METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPİTİOĞLU
<b>E(MPa)</b>	<b>490</b>	1000	126	160	490	194	228,67



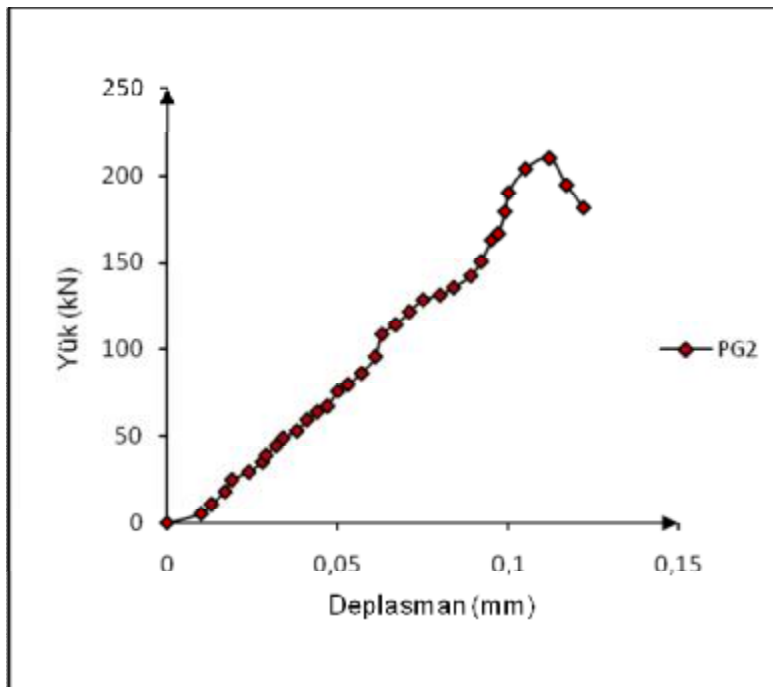
Sekil 4.55. Güçlü Harçlı 1x1m'lik Yatay Delikli Panel Numunesi (PG2) Yükleme Sonrası Oluşan Çatlakların Görünümü.



Sekil 4.56. PG2 Panel Numunesi Göçme Anı ve Düşey Yönde Oluşan Çatlaklar



Sekil 4.57. PG2 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi



Sekil 4.58. PG2 Numunesi Yük Deplasman Eğrisi

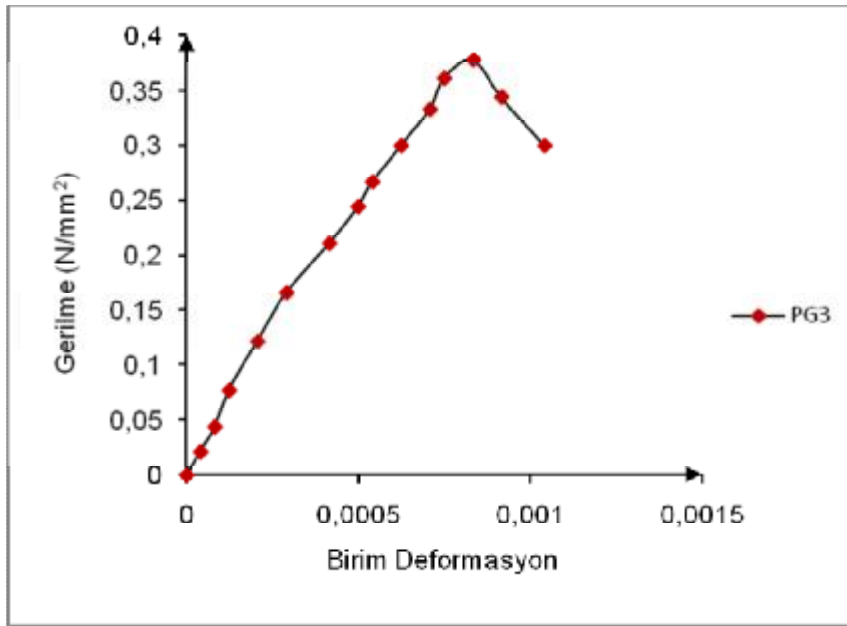
Benzer şekilde PG1 güçlü harçlı yatay delikli 1x1m'lik panelin devamında da PG2 panel numunesi ve PG3 numunesi deneye tabi tutularak benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Çizelgeler 4.18-24-25 ve 26 da ilgili deney sonuçları ve karşılaştırmaları verilmiştir.

Çizelge 4.18. PG2 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

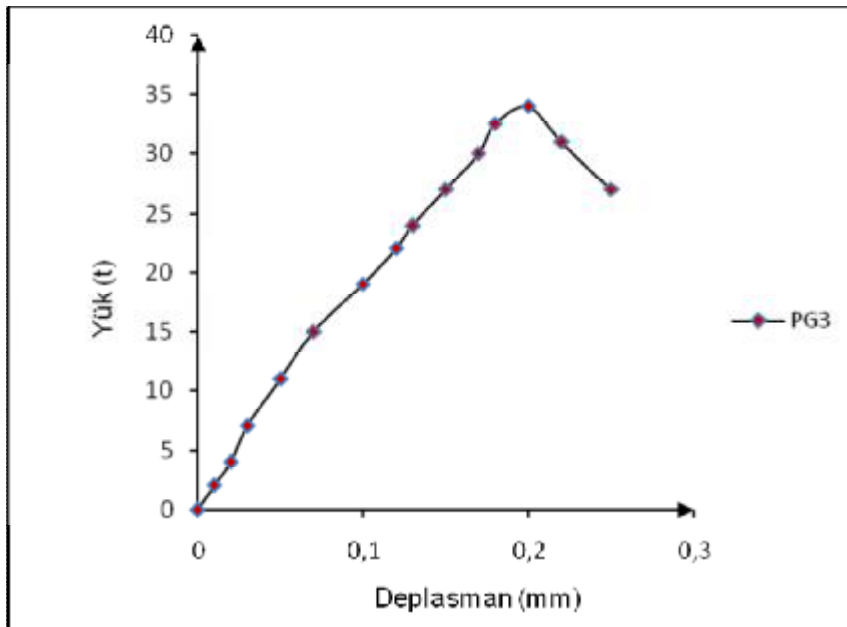
METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPİTİOĞLU
E(MPa)	499,52	1000	128,21	163,18	499,52	198,14	233,11



Sekil 4.59. Güçlü Harçlı 1x1m'lik Yatay Delikli Panel Numunesi (PG3)



Sekil 4.60. PG3 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi



Sekil 4.61. PG3 Numunesi Yük Deplasman Eğrisi

Çizelge 4.19. PG3 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

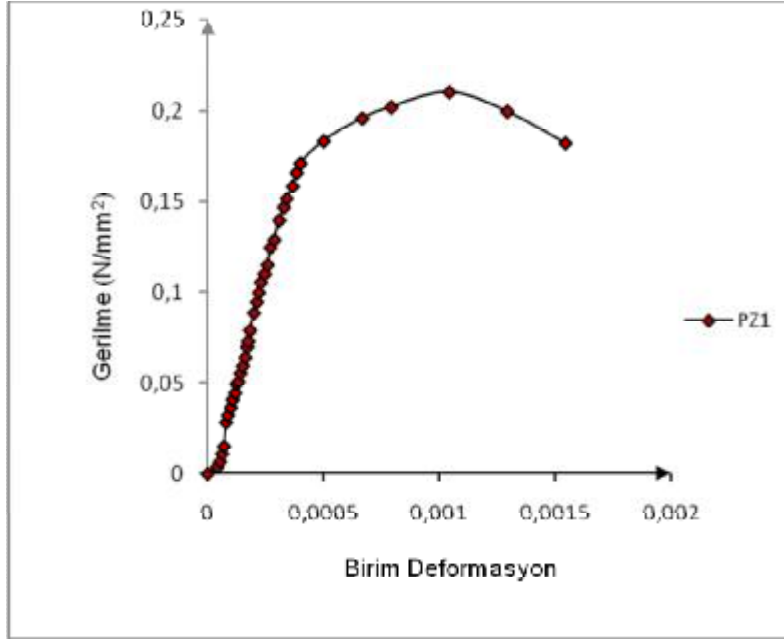
METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPITIOĞLU
E(MPa)	453,33	1000	207,78	264,44	453,33	321,11	377,78



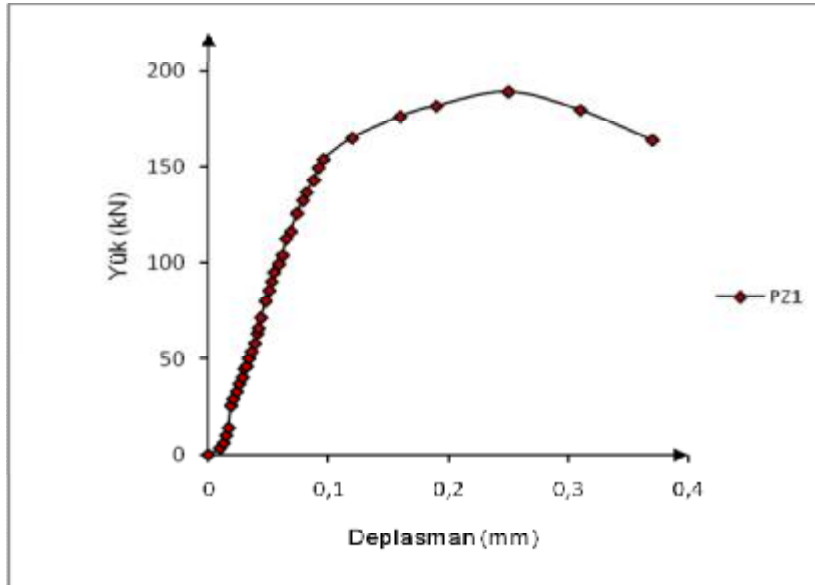
Sekil 4.62. Güçlü Harçlı 1x1m'lik Yatay Delikli Panel Numunesi Çatlak Oluşumları (PG3)

Çatlak oluşumları da beklenen şekilde orta bölgede ve düşey derzlerle paralel olarak oluşan çatlaklardır. Çizelge 4.19' a göre yapılan karşılaştırmada en yakın değer Fema(306)'ya göre elde edilirken diğer kabuller de, deneysel sonuçların altında değer vermiştir. Ayrıca, Çizelgede TDY2007 de yapılan kabulün emniyetli yönde daha büyük olduğu görülmüştür. Zaten bu ifade genel olarak verilmiştir.

Düsey yönde konsantrik uniform yüklemde zayıf harçlı yatay delikli paneller seri deneylerin devamı şeklinde yapılmış ve panelin davranışı, elastisite modülü ve çatlama şekilleri incelenmiştir.



Sekil 4.63. PZ1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi



Sekil 4.64. PZ1 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi

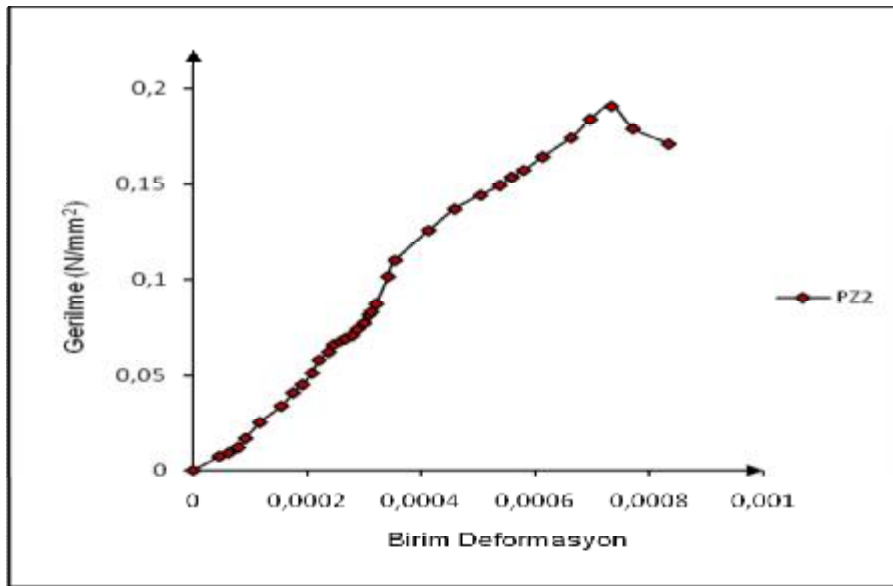
Çizelge 4.20. PZ1 numunesi elastisite modülü değerleri

METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPİTİOĞLU
E(MPa)	202,05	1000	115,77	147,33	202,05	179	210,47

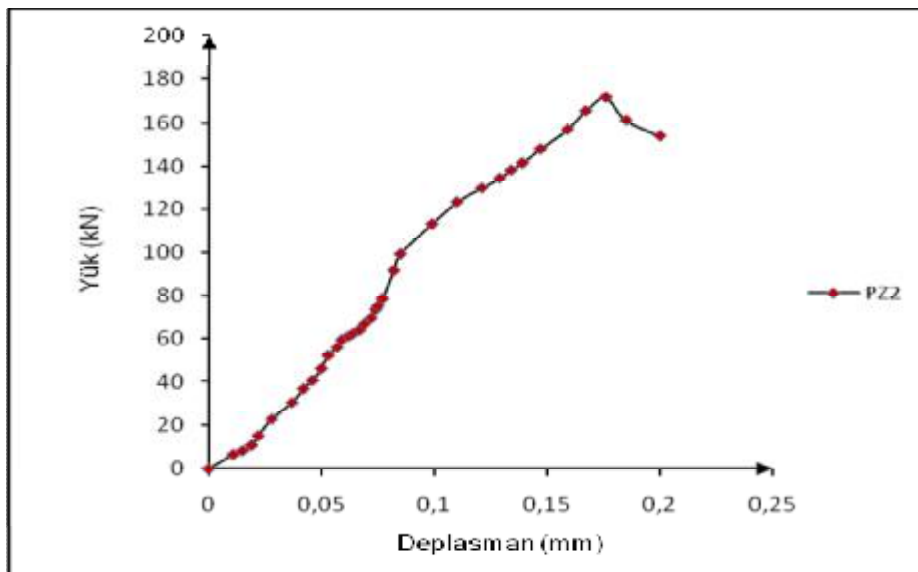


Sekil 4.65. Zayıf Harçlı 1x1m'lik Yatay Delikli Panel Numunesi (PZ2)

Deney sonuçları zayıf dayanımlı yatay delikli tuğla panelin, güçlü dayanımlı aynı türden tuğla panellerle karşılaştırılmasıyla elastisite modülü basınç dayanımı vb. diğer özellikler bakımından harcın etkilerini açıkça gösterdiği ve bu değerleri yarıya varan oranlarda düşürdüğü görülmüştür. Diğer standart ve kabullerle yapılan karşılaştırmalarda elastisite modülü değer yaklaşımlarının azaldığı görülmüştür.



Sekil 4.66. PZ2 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi



Sekil 4.67. PZ2 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi

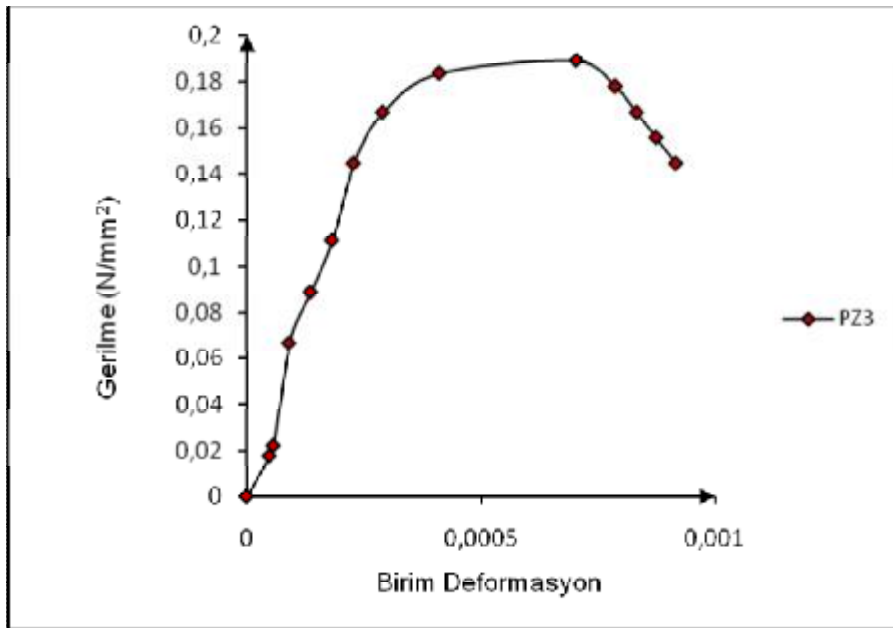
Çizelge 4.21. PZ2 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇİTİPİTİOĞLU
E(MPa)	190,76	1000	115,77	133,53	190,76	162,14	190,76

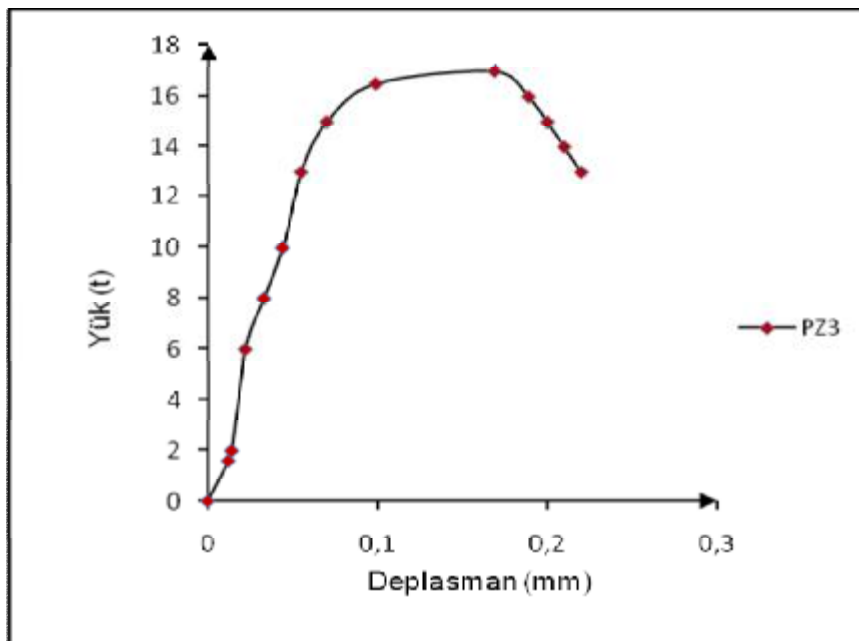
Deneysel sonuçları benzer değerleri ve çatlama şekillerini vermiştir. Çizelge 4.21’de Çıtıpıtıoğlu’nun sonucuyla, deneysel sonucun birebir çıktığı ve zayıf harçla yapılan yatay delikli tuğlaların davranışına paralel olarak sonuçlar verdiği görülmektedir. TDY-2007 Deprem Yönetmeliği genel ifadesiyel sonuçların çok çok üzerinde değer vermiştir.



Sekil 4.68. Zayıf Harçlı 1x1m’lik Yatay Delikli Panel Numunesi (PZ3) Yükleme Öncesi ve Sonrası Görünümü.



Sekil 4.69. PZ3 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi



Sekil 4.70. PZ3 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi

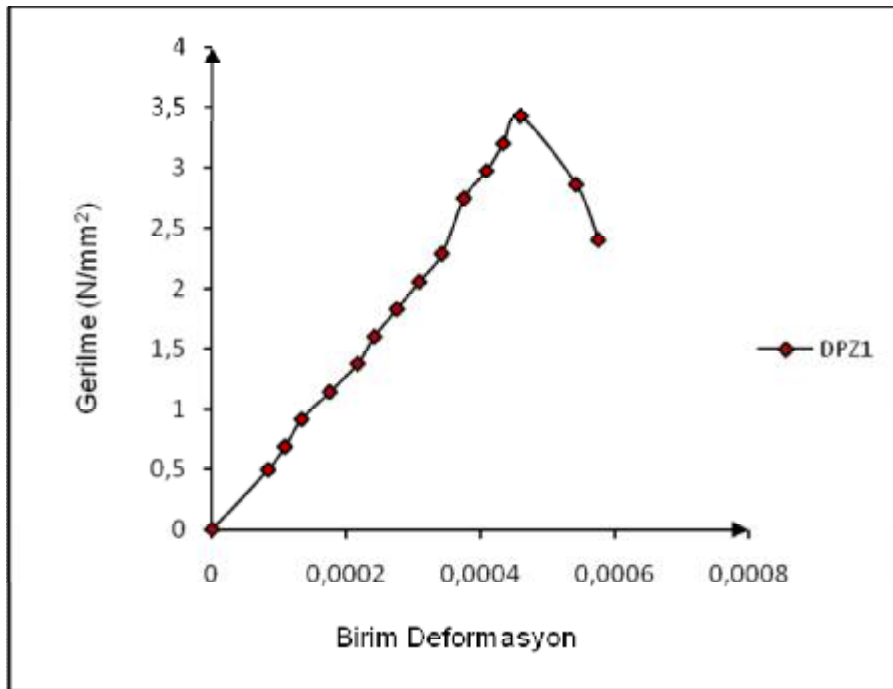
Çizelge 4.22. PZ3 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPİTİOĞLU
E(MPa)	268,24	1000	104	132	268,24	161	188,89

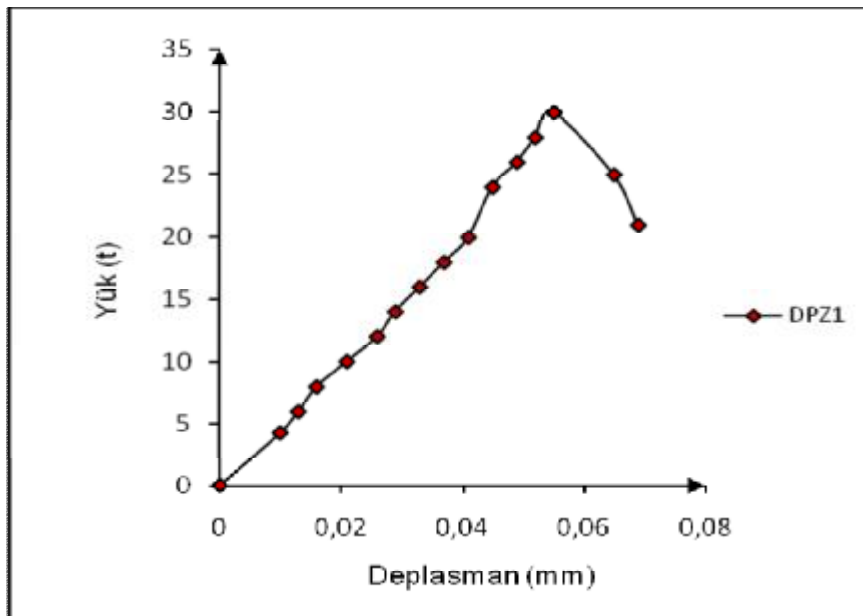
Deneyle dolu ve delikli pres tuğlalardan zayıf ve güçlü harç kombinasyonlarıyla oluşturulan panellerin düşey uniform konsantrik yüklemeye tabi tutulmalarıyla devam etmiş ve yatay delikli, delikli pres ve dolu pres olmak üzere 3 çeşit tuğlanın panel boyutundaki numunelerinin elastisite modülü-gerilme deformasyon ve yük deplasman ilişkileri incelenmiştir. Deney sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Davranış olarak yukarıda verilen diğer aynı türden deney panellerine benzer sonuçlar vermiştir.



Sekil 4.71. Zayıf Harçlı 100x75 cm’lik Delikli Pres Tuğla Numunesi (DPZ1) Yükleme Öncesi



Sekil 4.72. DPZ1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi



Sekil 4.73. DPZ1 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi



Sekil 4.74. Zayıf Harçlı 100x75 cm'lik Delikli Pres Tuğla Panel Numunesi (DPZ1) Yükleme Sonrası

Çizelge 4.23. DPZ1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇİTİPİTİOĞLU
<b>E(MPa)</b>	<b>7497</b>	1000	1890,03	2405,5	7497	2921	3436,43

Delikli pres tuğlanın elastisite modülü ve basınç dayanımı yatay delikli tuğlaya göre büyük değerler vermiş elde edilen değerler, kabullere ve standartlara göre yapılan karşılaştırmalar Çizelge 4.23'de gösterilmiştir. Çizelge 4.23'de deneysel sonuca göre elde edilen elastisite modülü diğer sonuçlara göre daha büyük bir değer olarak bulunmuştur. Bu sonuç deneysel çalışmaların başlangıcında, bu tür tuğlayla yapılan çalışmalarda da benzer şekilde tekrarlanmıştır. Bu veriler ışığında Çizelge 4.23'ü oluşturan ilgili standart ve kabuller, bu tür yüksek dayanımlı pres tuğlaların

elastisite modülü değerlerini tam olarak gösterememekte ve bu tür tuğlalar için uygun olmayacağı düşünülmektedir.

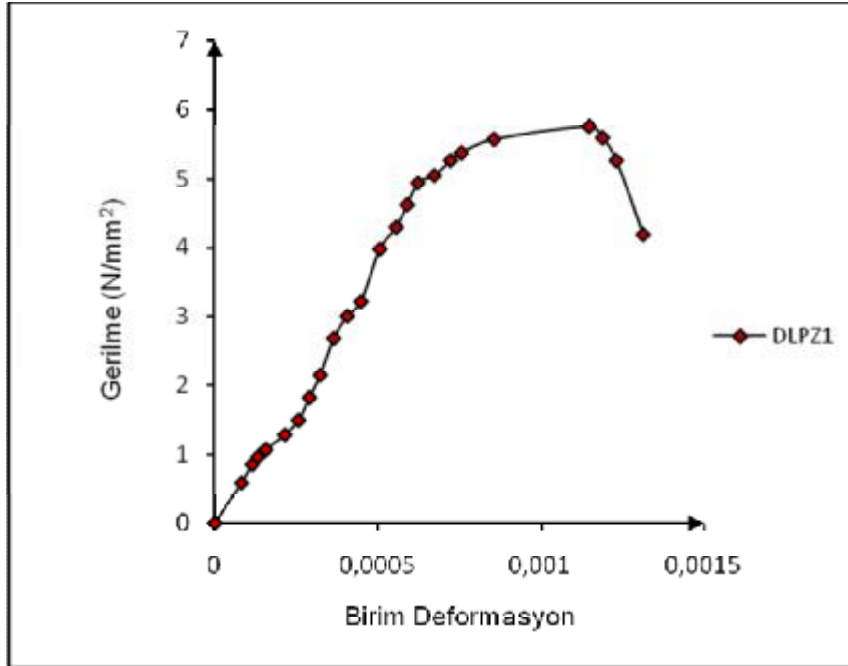
Zayıf harçlı 92x76 cm'lik dolu pres tuğla numunesi (DLPZ1) deneye tabi tutularak deney sonuçları Çizelge 4.24 de verilmiştir.



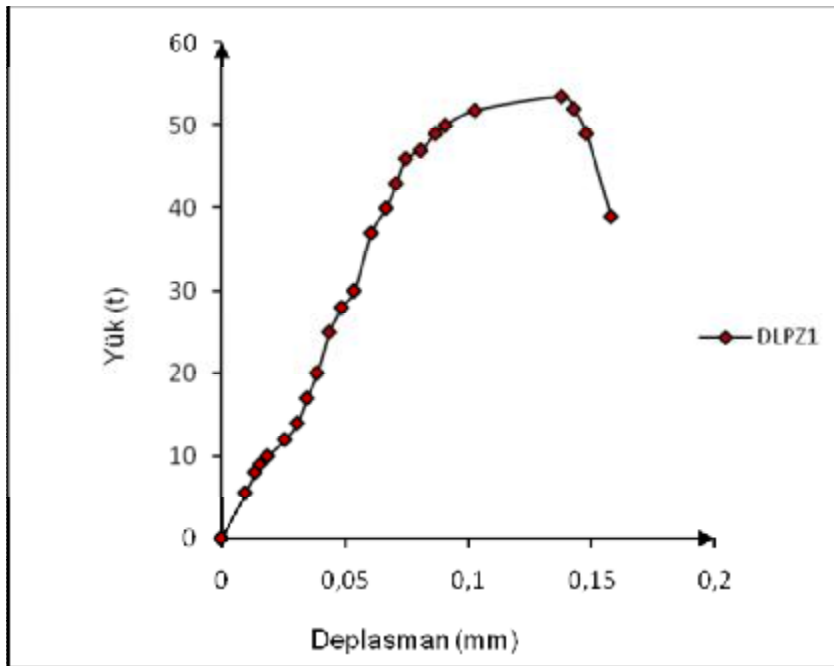
Sekil 4.75. Zayıf Harçlı 92x76 cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLPZ1) Yükleme Öncesi.



Sekil 4.76. Zayıf Harçlı 92 x 76 cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLPZ1) Yükleme Öncesi



Sekil 4.77. DLPZ1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi



Sekil 4.78. DLPZ1 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi

Çizelge 4.24. DLPZ1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇİTİPİTİOĞLU
<b>E(MPa)</b>	<b>5002</b>	1000	3164	7497	5002	4890	5752.69

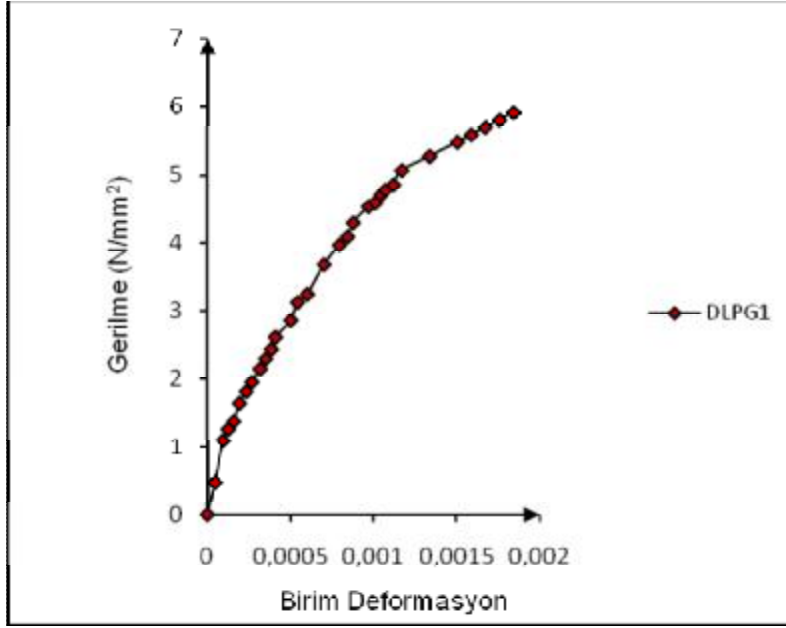
Çizelge 4.24'e göre deney sonuçları TDY-2007 sonucundan çok büyük çıkarken, diğer sonuçlarla yakın değerler vermiştir. Bu sonuçlara göre, çizelgeyi oluşturan karşılaştırma ifadelerinin, bu tür dolu pres tuğlaların panel davranışını iyi yansıtılabileceği düşünülmektedir.



Sekil 4.79. Zayıf Harçlı 92x76 cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLPZ1) Yükleme Sonrası



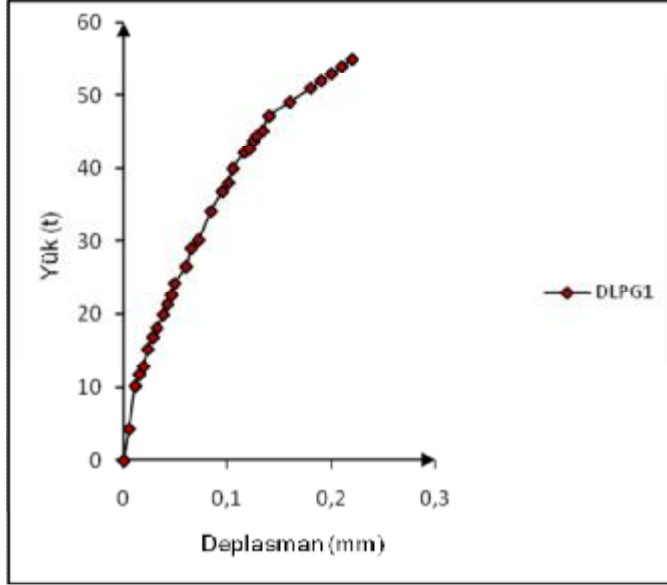
Sekil 4.80. Zayıf Harçlı 92x76 cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLPZ1) Yükleme Sonrası



Sekil 4.81. DLPG1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi



Sekil 4.82. Güçlü Harçlı 92x70cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLPG1) Yükleme Öncesi



Sekil 4.83. DLPG1 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi

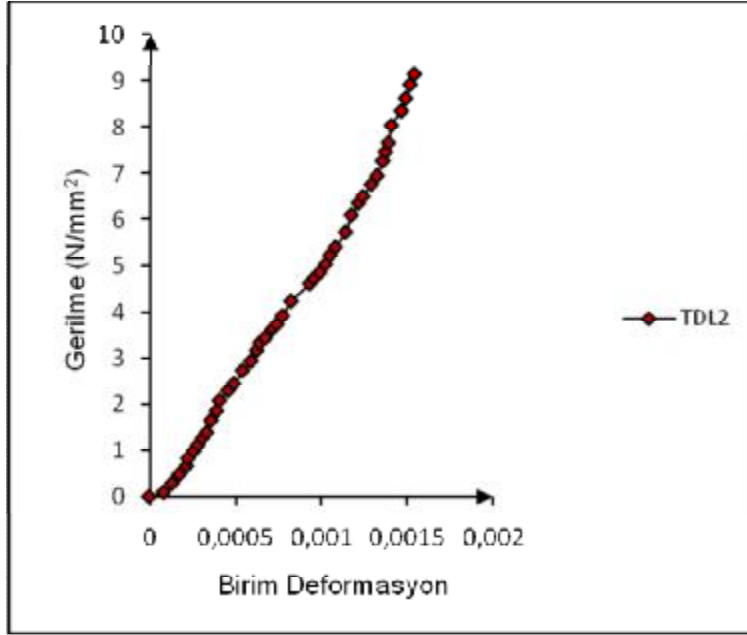


Sekil 4.84. Güçlü Harçlı 92x70 cm'lik Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLPG1) Yükleme Öncesi

Dolu Pres tuğlanın güçlü harçlı oluşturulan bu panel kombinasyonu ile yapılan deney laboratuvar imkanlarıyla 50 t değerine kadar yüklenmiş ve bu süre zarfında numune üzerinde herhangi bir çatlama gözlenmemiştir. Dayanımı yüksek olan bu çeşit tuğlayla örülen panelin, basınç dayanımını elde etmek için 60-70 t luk bir yükleme sisteminin uygun olacağı düşünülmektedir. 50 t'a kadar kaydedilen deney datalarına göre çizilen gerilme ve yük ile ilgili eğriler Şekil 4.83 ve 4.85'te verilmiştir. Davranış çatlama dayanımına ulaşamadığından lineer eğriler elde edilmiştir.

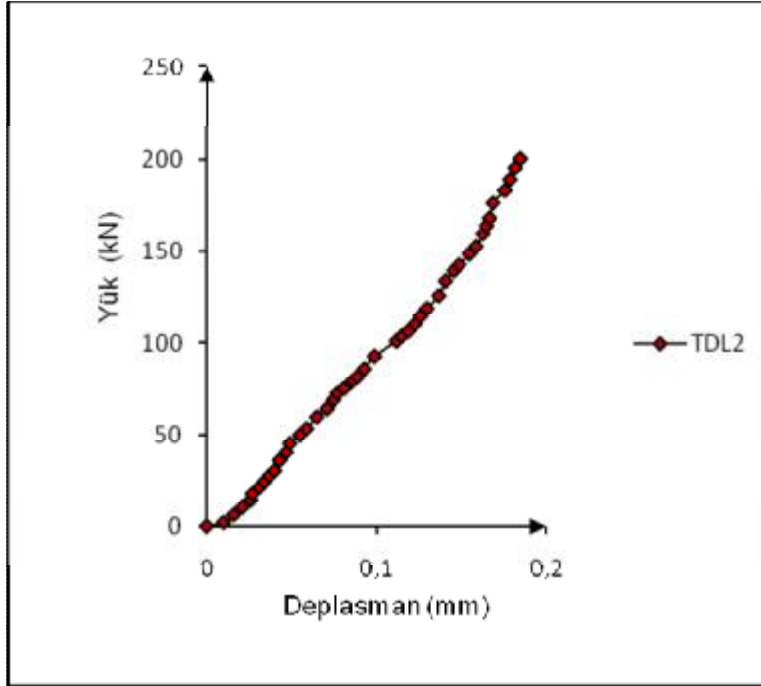


Şekil 4.85. Güçlü Harçlı Tekli 4 Sıralı Dolu Pres Tuğla Numunesi (TDL2)



Şekil 4.86. TDL2 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi (20 ton'a kadar)

Numune 20 ton da kırılmadığı için 20 t'a kadar olan deneysel datalara göre gerilme deformasyon eğrisi oluşturulmuş basınç dayanımı pres aletinde kırılma tespit edilmiştir. Basınç dayanımı 61.54 t'dur. Kaydedilen değerlere göre oluşturulan gerilme-birim deformasyon ve yük-deplasman eğrileri lineerdir.



Şekil 4.87. TDL2 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi (20 ton'a kadar)

Çizelge 4.25. TDL2 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPITIOĞLU
<b>E(MPa)</b>	6067,46	1000	15433	19642	6067	23851	28060

Çizelge 4.25 incelendiğinde deney sonuçlarıyla Fema(306) başta olmak üzere diğer kabullerle arasında büyük farkların olduğu gözlenmiştir. Bu kabullerin bu tür tuğlaların elastisite modülü değerini elde etmek için kullanılabilir olunacağı düşünülmemektedir.



Sekil 4.88. Güçlü Harçlı Tekli 4 Sıralı Dolu Pres Tuğla Numunesi (TDL2) Yükleme Sonrası Oluşan Çatlaklar

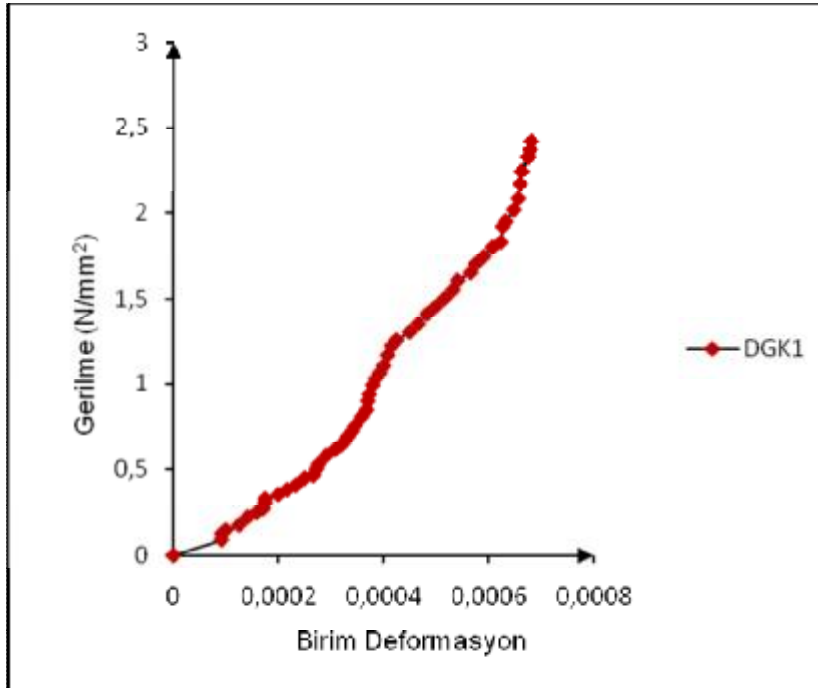


Şekil 4.89. İkili 6 Sıralı Delikli Pres Tuğla Numunesi (DGK1)

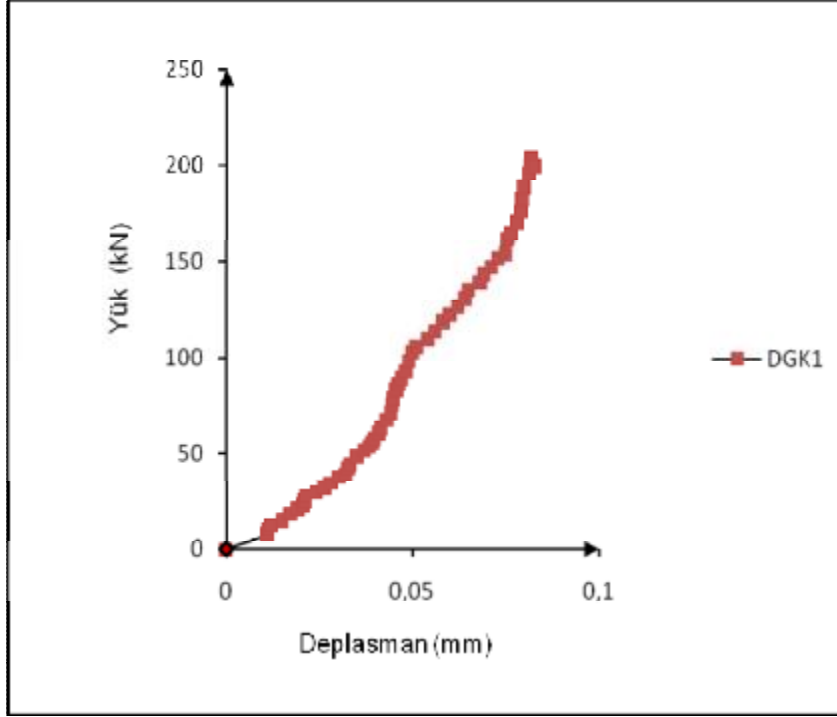
Numune 30 ton da kırılmadığı için 20 t a kadar olan deneysel datalara göre gerilme deformasyon eğrisi oluşturulmuş basınç dayanımı pres aletinde kırımla tespit edilmiştir. Basınç dayanımı 55.96 t dur.



Şekil 4.90. DGK1 Numunesi Yükleme Sonrası Derzlere Paralel Oluşan Eğilme Çatlakları



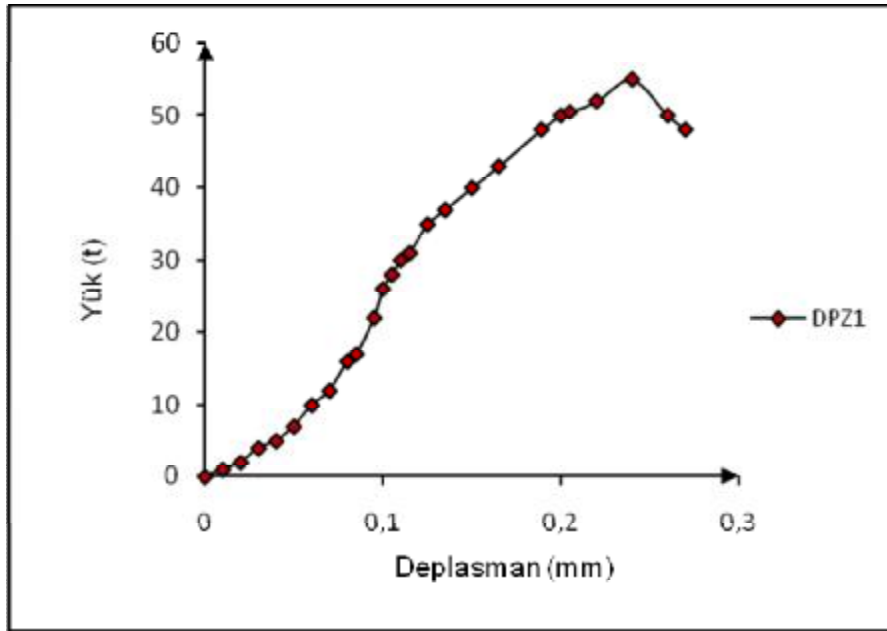
Şekil 4.91. DGK1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi (20 t'a kadar)



Şekil 4.92. DGK1 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi (20 t'a kadar)

Çizelge 4.26. DGK1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPITIOĞLU
<b>E(MPa)</b>	3553,02	1000	3664,05	4663,33	3553,02	5662,62	6661,91



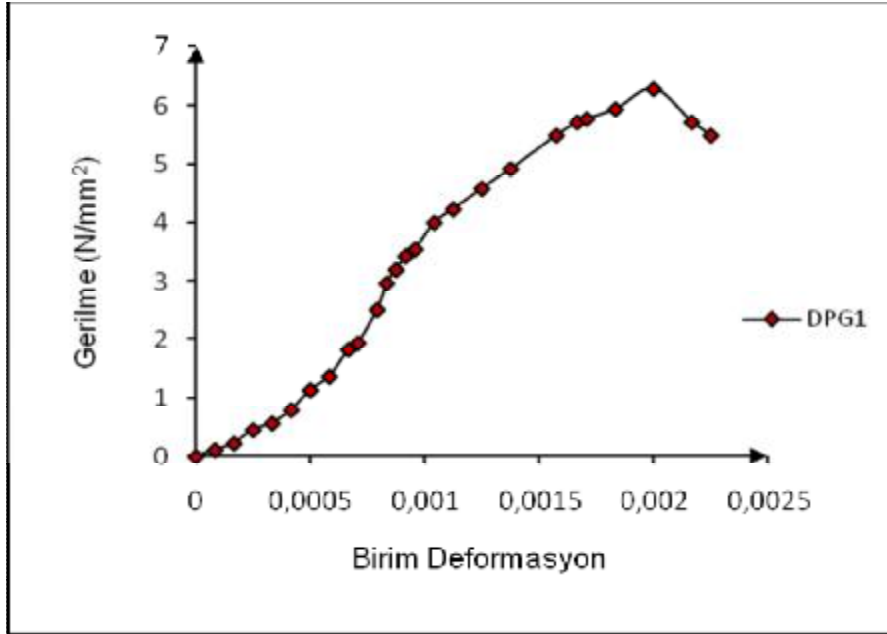
Şekil 4.93. DPG1 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi



Şekil 4.94. Güçlü harçlı 100 x 75 cm'lik Dolu Pres Tuğla Panel Numunesi (DPG1)



Şekil 4.95. Güçlü Harçlı 100 x 75 cm'lik Dolu Pres Tuğla Panel Numunesi Yükleme Sonrası Oluşan Çatlaklar



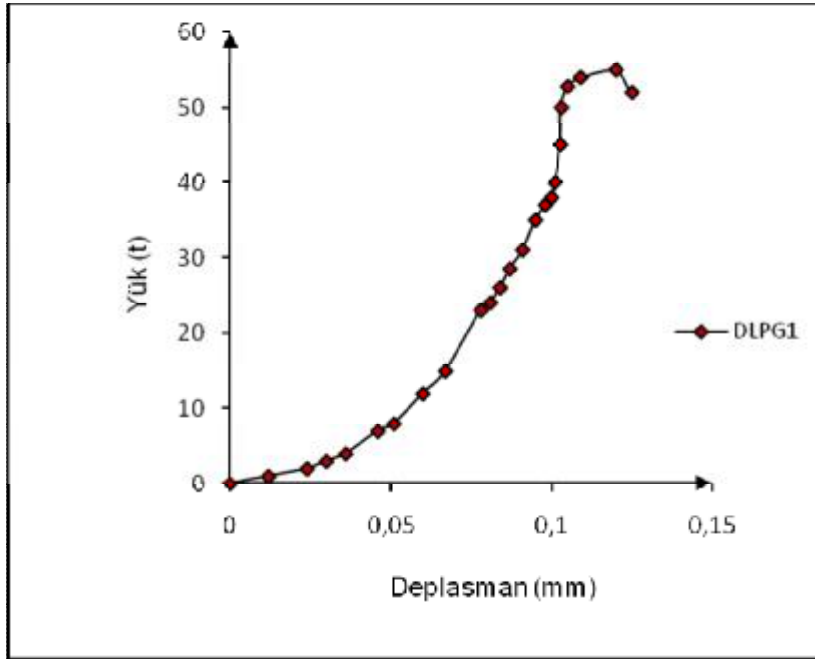
Şekil 4.96. DPG1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi

Çizelge 4.27. DPG1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

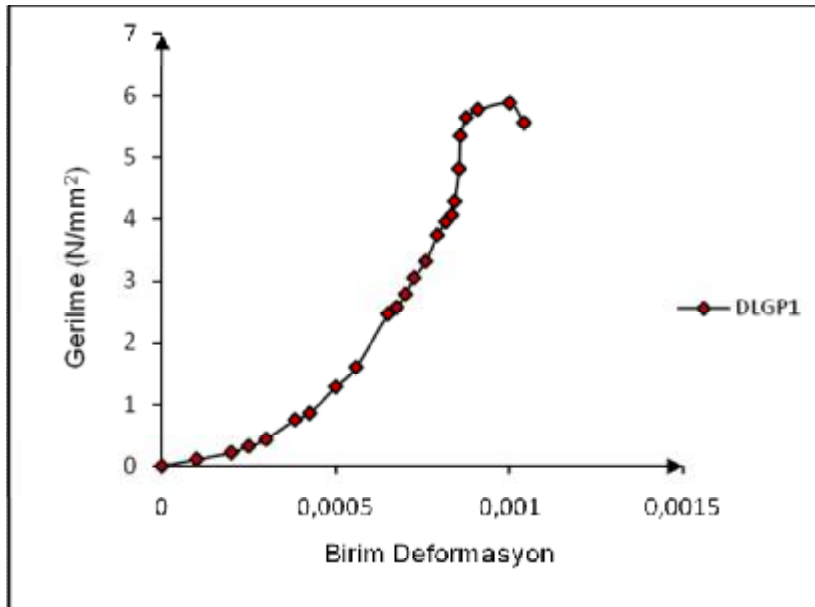
METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPITIOĞLU
E(MPa)	3142,86	1000	3457,14	4400	3142,86	5342,86	6285,71



Sekil 4.97. Güçlü Harçlı Dolu Pres Tuğla Numunesi (DLGP1)



Şekil 4.98. DLGP1 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi



Şekil 4.99. DLGP1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi



Şekil 4.100. Yükleme Sonrası DLGP1 Numunesinde Oluşan Çatlaklar (1)



Şekil 4.101. Yükleme Sonrası DLGP1 Numunesinde Oluşan Çatlaklar (2)

Çizelge 4.28. DLGP1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇİTİPİTİOĞLU
E(MPa)	5885,5	1000	3237,03	4119,85	5885,5	5002,68	5885,5

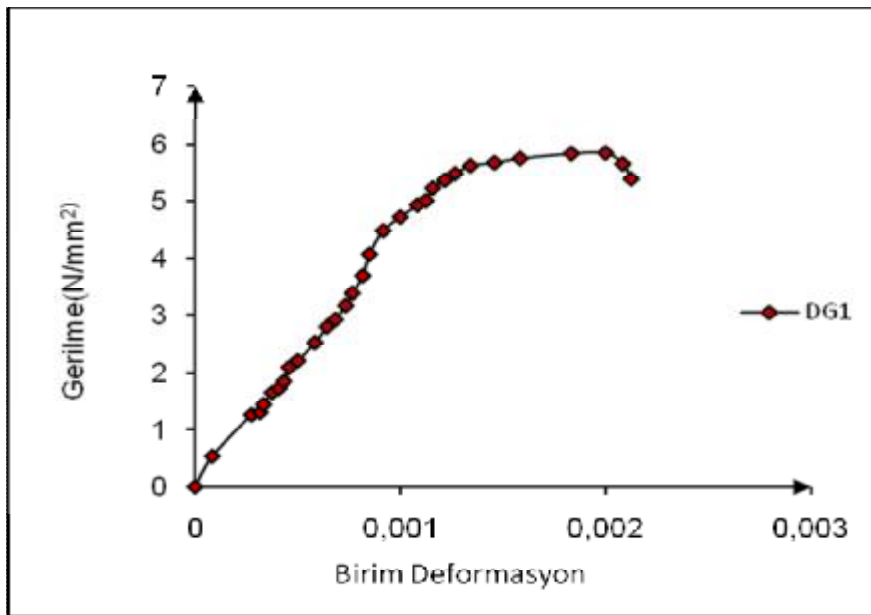
Çizelge 4.28’de deneysel sonucun Çıtıptıoğlunun ifadesiyle yakın değer verdiği devamında, CSA’nın geldiği ve sonuçların paralel olarak bulunduğu görülürken, bu tür tuğlaların elastisite modülünü bu ifadelerin iyi şekilde yansıtılabileceği düşünülmektedir. TDY-2007 ‘e göre elde edilen değer deneysel sonucun çok çok altındadır. Bu durumda bu tür tuğlaların davranışı açısından düşünülmelidir.



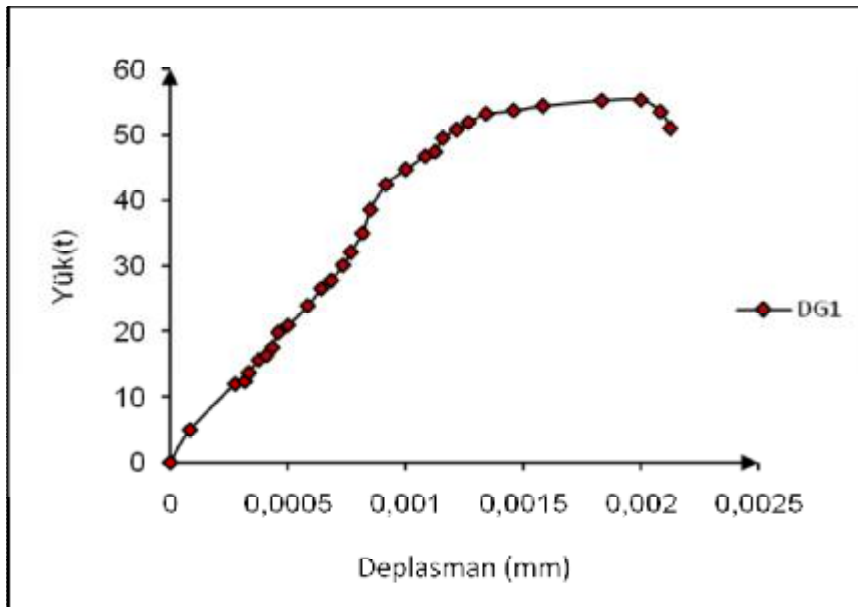
Şekil 4.102. Güçlü Harçlı 3 Sıralı Dolu Pres Tuğla Numunesi (DG1)



Şekil 4.103. Yükleme Sonrası DG1 Numunesinde Oluşan Çatlaklar



Şekil 4.104. DG1 Numunesine Ait Gerilme Deformasyon Eğrisi



Şekil 4.105. DG1 Numunesine Ait Yük Deplasman Eğrisi

Çizelge 4.29. DG1 Numunesi Elastisite Modülü Değerleri

METOD	DENEY	TDY 2007	FEMA (306)	Paulay ve Priestley	ACI (1995)	CSA	ÇITIPITIOĞLU
E(MPa)	2922,83	1000	3215,12	4091,97	2922,83	4968,82	5845,67



Sekil 4.106. YZ1 Duvar Numunesi Göçme Anı ve Düşey Yönde Oluşan Simetrik Çatlaklar



Sekil 4.107. TD1 Duvar Numunesi Göçme Anı ve Düşey Yönde Simetrik Oluşan Çatlaklar

Çizelge 4.30. Yatay Delikli Tuğla Deney Numunelerine Ait Sonuçlar

Yatay Delikli Tuğla	E(N/mm <sup>2</sup> )	Gerilme(N/mm <sup>2</sup> )	Pmax(t)
YZ1	917.58	0.65	9.42
YZ2	963.88	0.72	9.94
ZD1	382.78	0.62	4.50
PG1	490.00	0.23	20.58
PG2	499.52	0.23	20.98
PG3	453.33	0.38	34.00
PZ1	202.05	0.21	18.94
PZ2	260.12	0.19	17.17
PZ3	268.24	0.18	17.00

Yatay delikli tuğlalar piyasa koşullarında hafifliği ve ekonomikliği bakımından bölme duvar oluşturmada sıklıkla tercih edilmektedir. Ancak, diğer delikli ve dolu pres tuğlaya nazaran basınç dayanımı düşüktür ve düşük elastisite modülü değerini vermektedir. Bu inceleme zayıf harç kombinasyonu ile birleşince dayanım gittikçe düşmüş hemen hemen güçlü harçlı malzeme dayanımının yarısına karşılık geldiği görülmüştür. Yapılan tek sıralı, prizma ve panel yatay delikli tuğla numunelerin elastisite modülü değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Bu çizelgeye göre yatay delikli tuğla için prizma modellerinin panel ve tek sıralı numunelere göre daha büyük bir elastisite modülü değeri verdiği bunun da harç türüne göre değiştiği güçlü harca ait panellerin zayıf harçlı panellerden daha büyük yük, elastisite modülü ve gerilmeye sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.31. Delikli ve Dolu Pres Tuğla Deney Numunelerine Ait Sonuçlar

Delikli ve Dolu Pres Tuğla	E(N/mm <sup>2</sup> )	Gerilme(N/mm <sup>2</sup> )	Pmax(t)
<b>DPZ1</b>	7498	3.43	30.00
<b>DLPZ1</b>	5002	5.75	53.50
<b>DLPG1</b>	3226	5.91	55.00
<b>TD1</b>	9493	7.04	12.04
<b>TDL1</b>	6067	28.06	61.54
<b>DGK1</b>	3553	6.67	55.96

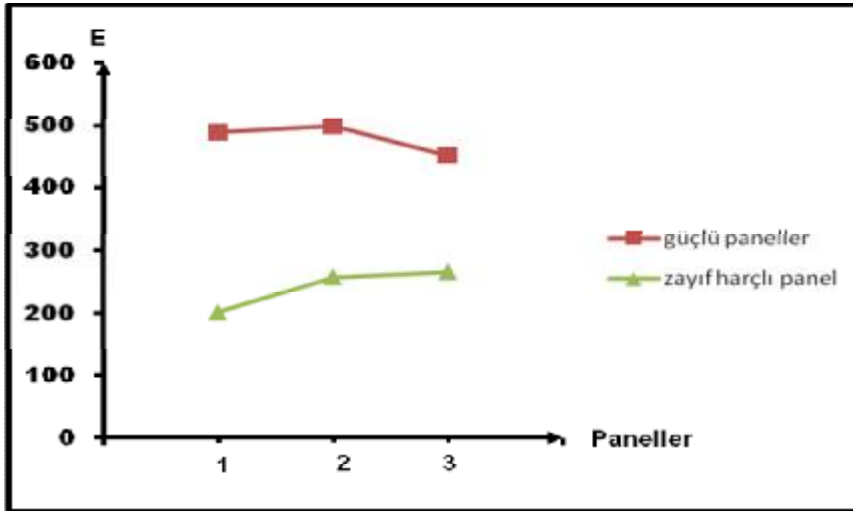
Ayrıca TDL1 ve DGK1 numuneleride 20 t kapasiteli yükü kırılmamış ama ilgili deney dataları deneysel kısımda verilmiştir. Çizelge 4.30'da da görüleceği üzere dolu ve delikli pres tuğlalar sıvanın gerekmediği ve görüntünün önemli olduğu yerlerin dışında, taşıma kapasitesi ve elastisite modülü değerinin büyük değerler alması gerekli olan taşıyıcı duvarlarda güvenle kullanılabilir. Ancak ekonomi ve binaya getirdiği ağırlıklarda kontrol edilmelidir. Zayıf ve güçlü harçlı kombinasyonlu örneklerde de büyük yük değerlerinde ya numune taşıma kapasitesine ulaşmış yada yükleme kapasitesi yetersiz kalmıştır. Bu tür tuğlalar yatay delikli tuğlalara göre yüksek dayanımlı olduğu görülmüştür. Tablodan da görüleceği üzere önerdiğimiz minimum elastisite modülü bu tür tuğlayla yapılan hesaplamalarda  $5000 \text{ N/mm}^2$  olarak uygun görülmüştür. Deneyler sırasında yatay delikli tuğlalardan oluşturulan panellerin 10 t dan sonra çatlamaya başladıkları, dolu ve delikli pres tuğladan oluşturulan panellerin ise 20-30 t civarında çatlamaya başladıkları yani 2 veya 3 kat fazla yük taşıdıkları görülmüştür. Komparatörle doğrultman olarak yapılan okumalarda sonuçlar maksimum deplasman sonuçlarıyla paralel sonuçlar vermiştir.

Çizelge 4.32. Tüm Deney Numunelerinin Elastisite Modülü Değerlerinin Diğer Standart ve Kabullerle Elde Edilen Sonuca Oranı

NUMUNE	DBYBHY-2007	FEMA (306)	PAULA VE PRIESTLEY	ACI (1995)	CSA	ÇİTİPİTİOĞLU
ZD1	0.38	1.12	0.88	1.00	0.72	0.62
YZ1	0.92	2.54	2.11	1.00	1.64	1.40
YZ2	0.96	2.42	1.90	1.00	1.57	1.25
ZDP2	0.77	1.09	0.86	1.00	0.71	0.60
ZPD2	0.79	1.12	0.88	1.00	0.72	0.62
TD1	9.49	2.45	1.93	1.00	1.59	1.35
PG1	0.49	3.89	3.06	1.00	2.53	2.14
PG2	0.50	3.90	3.06	1.00	2.52	2.14
PG3	0.45	2.18	1.71	1.00	1.41	1.20
PZ1	0.20	1.75	1.37	1.00	1.13	0.96
PZ2	0.19	1.65	1.43	1.00	1.18	1.00
PZ3	0.27	2.58	2.03	1.00	1.67	1.42
DPZ1	7.50	3.97	3.12	1.00	2.57	2.18
DLPZ1	5.00	1.58	0.67	1.00	1.02	0.87
DLPG1	***	***	***	***	***	***
TDL2	6.07	0.39	0.31	1.00	0.25	0.22
DGK1	3.55	0.97	0.76	1.00	0.63	0.53
DPG1	3.14	0.91	0.71	1.00	0.59	0.50
DLGP1	5.89	1.82	1.43	1.00	1.18	1.00
DG1	2.92	0.91	0.71	1.00	0.59	0.50
<b>(***)55t'a kadar yüklenip herhangi bir çatlak gözlenmeyen panel</b>						

Çizelge 4.32'ye göre deneyde bulunan elastisite modülü değerlerinin oranları karşılaştırılmıştır. Kıyaslamada elde edilen değerler sifıra yakınsadıkça, deney numunesiyle ilgili standart veya kabulün arasındaki fark artmaktadır. Deney sonucunda elde edilen oransal değer 1 ve 1'e yakınsadıkça aradaki fark azalmakta ve elde edilen sonuç 1'den uzaklaştıkçada deney sonuçları, ilgili standart ve kabulden o oranda uzaklaşmaktadır. DBYBHY-2007 kıyaslamasında, dolu ve delikli pres

tuğlaların küçük boyutlu prizma numunelerinde sonucun sifıra yaklaştığı, panellerinde ise 1 den uzaklaştığı görülmüştür. Fema (306) sonucunun kıyaslamasında, sonuçların 0.97 ile 3.97 arasında değiştiği, Paula ve Priestley karşılaştırılmasında, 0.31 ile 3.06 arasında değiştiği ve çok uzaklaşmadığı, Çıtıptıoğlu'nun sonucuyla oranlandığında ise elde edilen oranların 0.22 ile 2.18 arasında değiştiği ve en iyi sonucun bire bir olarak ACI (1995)'ya göre elde edildiği görülmektedir. Laboratuar koşullarında eldeki imkanlarla en fazla 55 t'a kadar yükleme yapılabilindiğinden, DLPG1 dolu pres tuğlayla oluşturulan güçlü harçlı panelin elastisite modülü değeri gösterilememiş, numunenin 55 t'a kadar kaydedilen yükleme değerine ait yük-deplasman ve gerilme-deformasyon eğrileri verilmiştir.



Şekil 4.108. Yatay Delikli Tuğlanın Zayıf ve Güçlü Harç Kombinasyonlarına Göre Panel Sonuçları

Şekil 4.108'den de görüldüğü gibi yatay delikli tuğlanın zayıf ve güçlü harç kombinasyonlarıyla elde edilen deney sonuçlarına göre güçlü harç elastisite modülleri zayıf harca göre beklendiği gibi daha büyük değerler vermiştir.

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 5.1. Düzlem Çerçeve Örnekleri

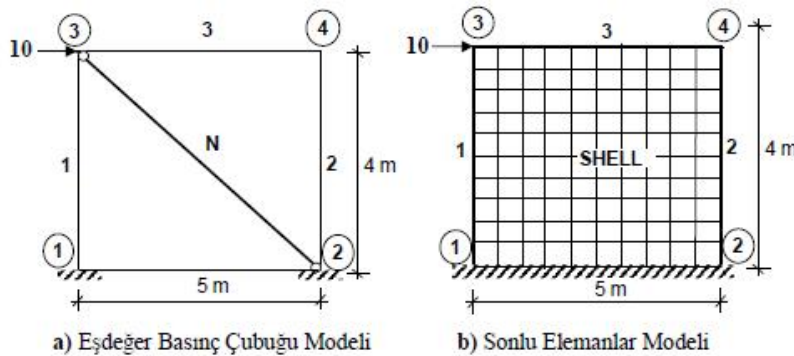
Beş katlı üç açıklıklı düzlem çerçeve örneklerine kadar verilen tüm düzlem çerçeve uygulamaları için kullanılan materyal ve tüm uygulamalar için modeller aşağıda tanımlanmıştır.

Kolon boyutları	: 30 x 30 cm
Kiriş boyutları	: 30 x 50 cm'dir.
Beton sınıfı	: C20
Betonun elastisite modülü ( $E_c$ )	: 28500 MPa
Duvarın Elastisite modülü ( $E_d$ )	: 1000 MPa
Dolgu duvar kalınlığı ( $t_d$ )	: 19 cm

Dolgu duvar iki ucu mafsallı çapraz eşdeğer sanal çubuk ve 10 x 10 dikdörtgen birinci tip sonlu elemanlar ağı ile shell eleman olarak modellenmiştir (Şekil 5.1). Shell elemanın kalınlığı 19 cm olarak seçilmiştir. Tüm shell elemanlar aynı özellikte tanımlanmıştır. Eşdeğer sanal basınç çubuğu genişliği 0.68 m olarak hesaplanmıştır.

#### 5.1.1. Uygulama 1

Tek katlı ve tek açıklıklı düzlem çerçeve sistemine 10 t'lık bir yatay kuvvet uygulanmış ve dolgu duvarın etkisi incelenmiştir.



Şekil 5.1. Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modelleri

Yapılan analiz sonucunda elde edilen deplasman değerleri Çizelge 5.1, moment, kesme kuvveti ve eksenel kuvvet değerleri Çizelge 5.2’de gösterilmiştir. Eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenen N çubuğu 8.47 t basınç kuvvetine maruz kalmıştır.

Çizelge 5.1. Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri

Nokta No	Modeller		
	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
	Deplasman (mm)		
1	0.00	0.00	0.00
2	0.01	0.01	0.01
3	16.00	5,46	1,01
4	15,94	5,44	0,95

Çizelge 5.2. Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin İç Kuvvet Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu(m)	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
<b>M<sub>33</sub> Moment (t-m)</b>				
1	0	10,47	3,56	1,03
	4	-9,56	-3,23	-0,86
2	0	10,44	3,54	1,04
	4	-9,53	-3,22	-0,74
3	0	9,86	3,23	0,86
	5	-9,53	-3,22	-0,74
<b>V<sub>22</sub> Kesme Kuvveti (t)</b>				
1	0	5,01	1,7	1,25
	4	5,01	1,7	1,16
2	0	4,99	1,69	1,27
	4	4,99	1,69	0,91
3	0	3,82	1,29	0,63
	5	3,82	1,29	0,57
<b>(P) Eksenel Kuvvet(t)</b>				
1	0	3,82	6,58	6,97
	4	3,82	6,58	6,87
2	0	-3,82	-1,29	-6,8
	4	-3,82	-1,29	-0,77
3	0	-4,99	-1,69	-8,47
	5	-4,99	-1,69	-1,18

Deplasman değerleri boş çerçeveye eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesi ile 3 ve 4 noktalarında % 65.88, sonlu eleman olarak modellenmesi ile 3 noktasında % 93.69 ve 4 noktasında % 94.04 azalma göstermiştir.

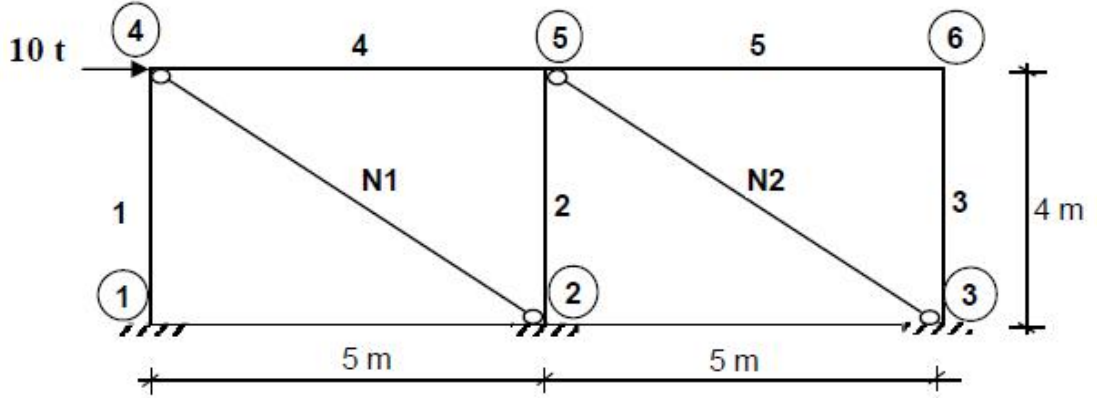
Dolgu duvarın eşdeğer basınç çubuğu ve sonlu eleman olarak modellenmesi sonucu elde edilen veriler boş çerçeveye göre karşılaştırılarak yüzde (%) değişimler  $(1-(\text{dolgu duvar/boş çerçeve})) \cdot 100$  şeklinde hesaplanmıştır. Moment, kesme kuvveti ve eksensel kuvvetler için yapılan karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.3'de gösterilmiştir. Çizelgelerde önüne (+) işareti koyularak gösterilen değerler yüzde (%) artış olduğunu, işaretsiz değerlerse azalma olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 5.3. Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri

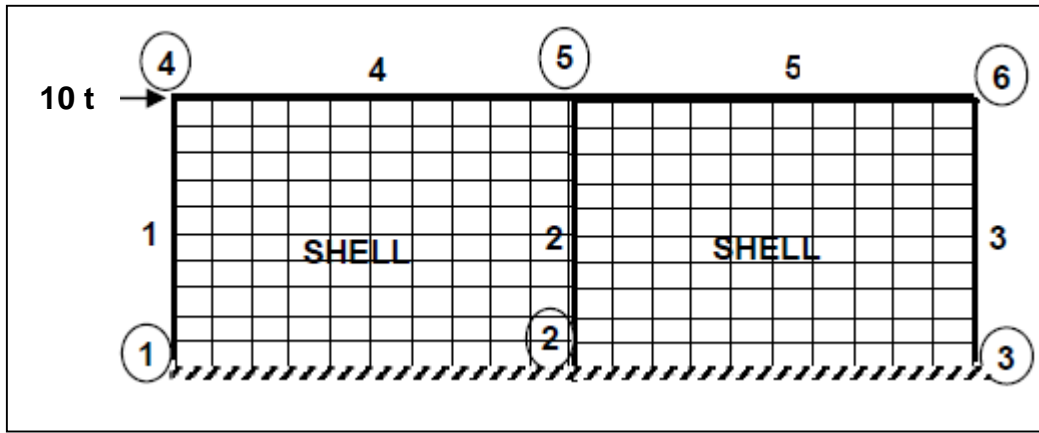
El. No	El. Boyu (m)	Moment		Kesme Kuvveti		Eksenel Kuvvet	
		Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	66	90,16	66,07	75,05	(+)72,25	(+)82,46
	4	66,21	91	66,07	76,85	(+)72,26	(+)79,84
2	0	66,09	90,04	66,13	74,55	66,23	(+)78,01
	4	66,21	92,24	66,13	81,76	66,23	79,84
3	0	67,24	91,28	66,23	83,51	66,13	(+)69,74
	5	66,21	92,24	66,23	85,08	66,13	76,35

### 5.1.2. Uygulama 2

Tek katlı ve iki açıklıklı düzlem çerçeve sistemine 10 t'lık bir yatay kuvvet uygulanmış ve dolgu duvarın etkisi incelenmiştir.



Şekil 5.2. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin Basınç Çubuğu Modeli



Şekil 5.3. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin Sonlu Elemanlar Modeli

Çizelge 5.4. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri

Nokta No	Modeller		
	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
	Deplasman (mm)		
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00
4	10,61	3,00	0,53
5	10,59	2,94	0,44
6	10,5	2,93	0,42

Çizelge 5.5. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Moment Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu (m)	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
$M_{33}$ Moment (t-m)				
1	0	6,68	1,92	0,52
	4	-6,01	-1,7	-0,49
2	0	7,35	2,05	0,6
	4	-7,22	-2,01	-0,5
3	0	6,71	1,86	0,48
	4	-5,94	-1,64	-0,32
4	0	6,01	1,7	0,49
	5	-3,63	-1,04	-0,27
5	0	3,59	0,97	0,23
	5	-5,94	-1,64	-0,32
6	0	3,82	1,29	0,63
	5	3,82	1,29	0,57

Çizelge 5.6. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu(m)	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
$V_{22}$ Kesme Kuvveti (t)				
1	0	3,20	0,9	0,64
	4	3,20	0,9	0,72
2	0	3,64	1,01	0,9
	4	3,64	1,01	0,76
3	0	3,16	0,88	0,6
	4	3,16	0,88	0,4
4	0	1,93	0,55	0,35
	5	1,93	0,55	0,25
5	0	1,93	0,52	0,22
	5	1,93	0,52	0,24

Çizelge 5.7. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin (P) Eksenel Kuvvet Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu(m)	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
(P) Eksenel Kuvvet(t)				
1	0	1,93	3,46	3,73
	4	1,93	3,46	49
2	0	-0,02	2,83	-0,2
	4	-0,02	2,83	-0,02
3	0	-1,91	-0,52	-3,13
	4	-1,91	-0,52	-0,33
4	0	-6,8	-5,46	-9,03
	5	-6,8	-5,46	-5,00
5	0	-3,16	-0,88	-3,92
	5	-3,16	-0,88	-0,52

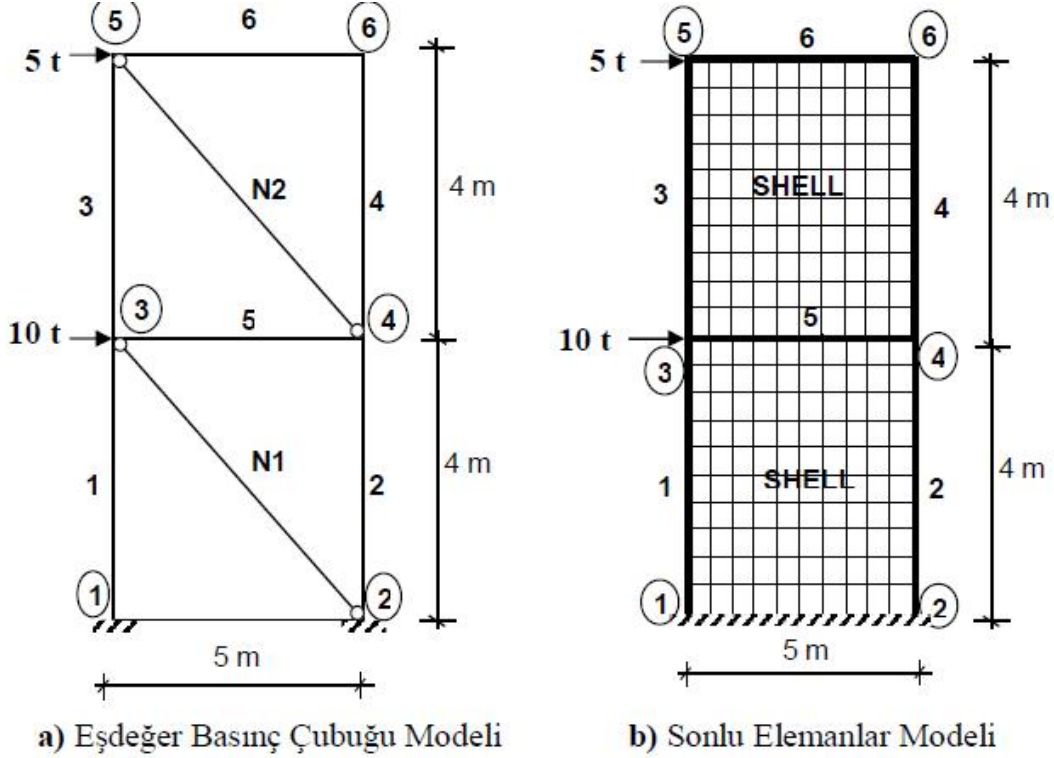
Çizelge 5.8. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri

El. No	El. Boyu(m)	Moment		Kesme Kuvveti		Eksenel Kuvvet	
		Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	71,68	92,33	71,88	80	(+)79,27	(+)93,26
	4	71,71	91,85	71,88	77,5	(+)79,27	74,61
2	0	72,11	91,84	72,25	75,27	(+)140,0	0
	4	72,16	93,07	72,25	79,12	(+)140,1	0
3	0	72,28	92,85	72,15	81,01	72,77	(+)63,87
	5	72,39	94,61	71,15	87,34	72,77	82,72
4	0	71,71	91,85	71,5	81,87	19,71	(+)32,79
	4	71,35	92,56	71,5	87,05	19,71	26,47
5	0	72,98	93,59	73,06	88,6	72,15	(+)24,05
	5	72,39	94,61	73,06	87,56	72,15	83,54

Deplasman değerleri boş çerçeveye eşdeğer basınç çubuğu modellenmesi ile 4 noktasında %71.72, 5 noktasında %72.24 ve 6 noktasında %72.10, sonlu eleman modellenmesi ile 4 noktasında % 95.00, 5 noktasında % 95.85 ve 6 noktasında % 96 azalma göstermiştir.

## 5.1.3. Uygulama 3

İki katlı ve tek açıklıklı düzlem çerçeve sistemine 10 t'lık bir yatay kuvvet uygulanmış ve dolgu duvarın etkisi incelenmiştir.



Şekil 5.4. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modelleri

Çizelge 5.9. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri

Nokta No	Modeller		
	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
	Deplasman (mm)		
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	24,84	8,27	1,53
4	24,79	8,29	1,48
5	36,78	11,66	2,26
6	36,76	11,65	2,23

Yapılan analiz sonucunda eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenen N1 çubuğu 12.78 t ve N2 çubuğu 4.84 t basınç kuvvetine maruz kalmaktadır.

Çizelge 5.10. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Moment Değerleri

El.No	El.Boy(m)	$(M_{33})$ Momenti (t-m)		
		Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	15,91	5,27	1,58
	4	-14,13	-4,66	-1,25
2	0	15,87	5,32	1,58
	4	-14,1	-4,74	-1,08
3	0	4,4	1,00	0,06
	4	-5,58	-1,41	-0,43
4	0	4,42	1,42	0,24
	5	-5,6	-1,04	-0,36
5	0	18,53	5,85	1,32
	5	-18,52	-5,73	-1,32
6	0	5,58	1,42	0,43
	5	-5,6	-1,42	-0,36

Çizelge 5.11. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerleri

El.No	El.Boy(m)	$(V_{22})$ Kesme Kuvveti (t)		
		Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	7,51	2,50	1,91
	4	7,51	2,50	1,65
2	0	7,49	2,51	1,92
	4	7,49	2,51	1,35
3	0	-2,50	-0,61	-0,04
	4	-2,50	-0,61	-0,59
4	0	-2,50	-0,61	-0,35
	5	-2,50	-0,61	-0,45
5	0	7,41	2,30	1,22
	5	7,41	2,30	1,23
6	0	2,24	0,57	0,33
	5	2,24	0,57	0,27

Çizelge 5.12. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin (P) Eksenel Kuvvet Değerleri

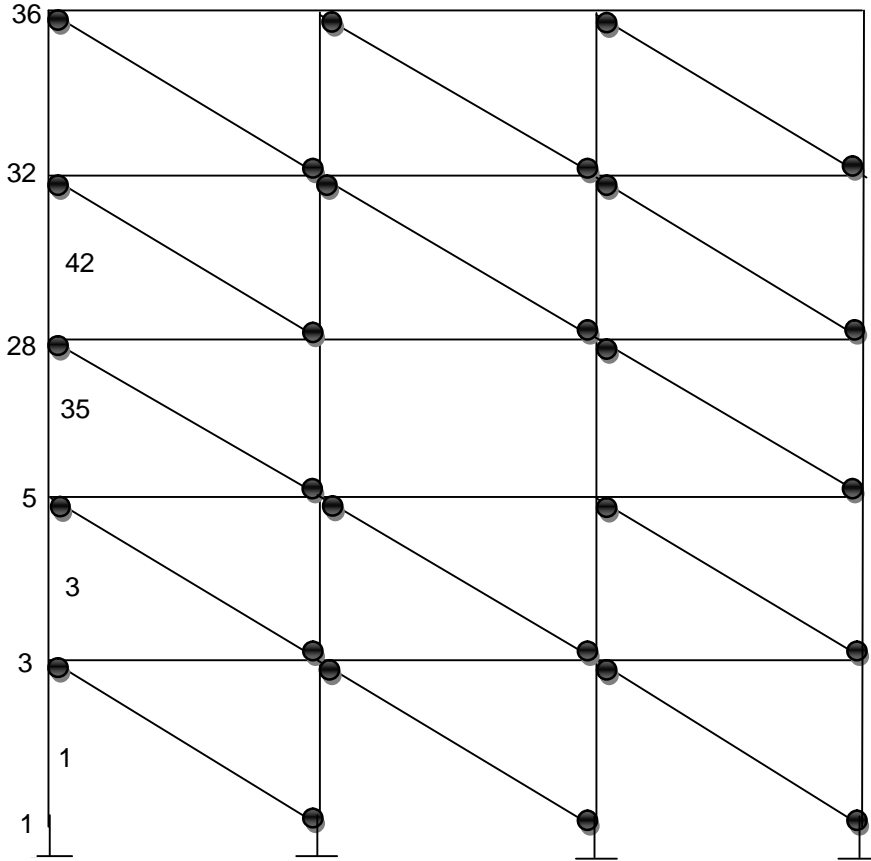
El.No	El.Boy(m)	(P) Eksenel Kuvvet (t)		
		Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	9,65	13,87	14,14
	4	9,65	13,87	4,89
2	0	-9,65	-5,89	-14,02
	4	-9,65	-5,89	-4,96
3	0	2,24	3,59	3,22
	4	2,24	3,59	0,45
4	0	-2,24	-0,57	-3,28
	5	-2,24	-0,57	-0,37
5	0	-4,99	-1,87	-7,94
	5	-4,99	-1,87	-1,23
6	0	-2,50	-0,61	-4,22
	5	-2,50	-0,61	-0,37

Çizelge 5.13. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri

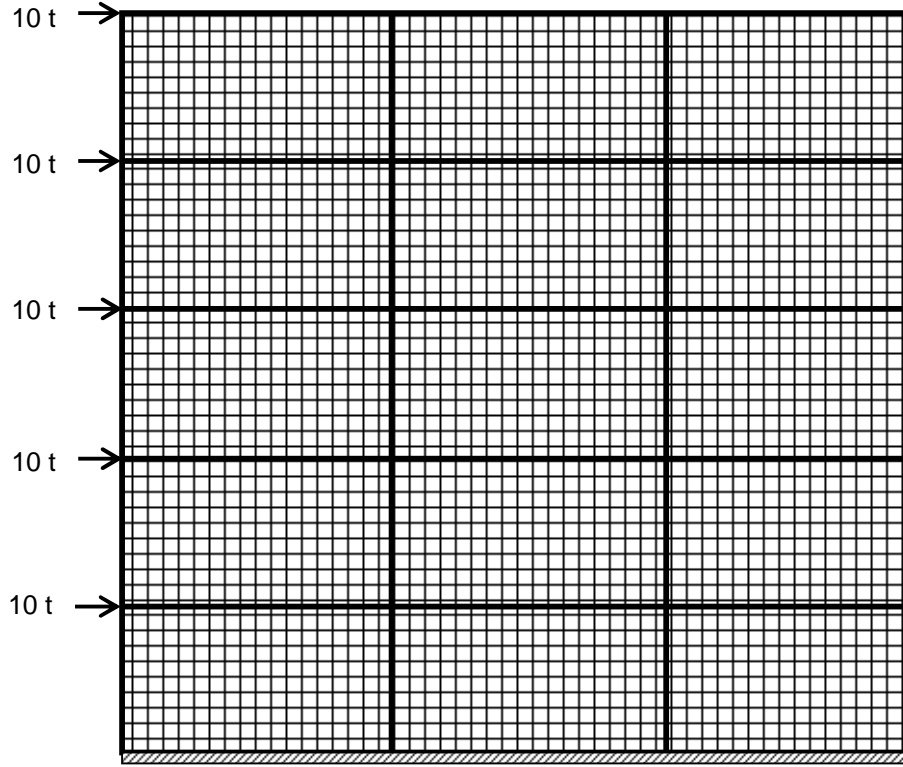
El. No	El. Boyu (m)	Moment		Kesme Kuvveti		Eksenel Kuvvet	
		Basınç Çubuğu	Sonlu El.	Basınç Çubuğu	Sonlu El.	Basınç Çubuğu	Sonlu El.
1	0	66,88	90,07	66,71	74,57	(+)43,73	(+)46,53
	4	67,02	91,15	66,71	78,03	(+)43,73	49,33
2	0	66,48	90,04	66,49	74,37	38,96	(+)45,28
	4	66,38	92,34	66,49	81,98	38,96	48,6
3	0	77,27	98,64	75,60	98,4	(+)60,27	(+)43,75
	5	74,73	92,29	75,60	76,4	(+)60,27	79,91
4	0	67,87	94,57	75,60	86,00	74,55	(+)46,43
	4	81,43	93,57	75,60	82,00	74,55	83,48
5	0	68,43	92,88	68,96	83,54	74,55	(+)46,43
	5	69,06	92,87	68,96	83,4	62,53	75,35
6	0	74,55	92,29	74,55	85,27	75,6	(+)68,80
	5	74,64	93,57	74,55	87,95	75,6	85,2

**5.1.4. Uygulama 4**

Beş katlı ve üç açıklıklı düzlem çerçeve sistemine 10 t'luk bir yatay kuvvet uygulanmış ve dolgu duvarın etkisi incelenmiştir.



Şekil 5.5. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin Basınç Çubuğu Modeli



Şekil 5.6. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin Sonlu Elemanlar Modeli

Yapılan analiz sonucunda 1, 3, 5, 28, 32 ve 36 noktalarında bulunan deplasman değerleri Çizelge 5.14, simetrik ve etkinin en fazla olduğu kısım olması nedeniyle 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu elemanlarda moment değerleri Çizelge 5.15, kesme kuvveti değerleri Çizelge 5.16'da, aksenal kuvvet değerleri Çizelge 5.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.14. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri

Nokta No	Modeller		
	Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Elemanlar
	Deplasman (mm)		
1	0,00	0,00	0,00
3	41,87	10,35	1,77
5	82,00	19,41	3,34
28	112,54	26,42	4,70
32	133,21	31,33	5,79
36	144,04	34,11	6,60

Çizelge 5.15. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Moment Değerleri

El.No	El.Boy(m)	$(M_{33})$ Momenti (t-m)		
		Duvarsız	Basınc Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	25,41	6,29	1,89
	4	-21,00	-5,20	-1,19
2	0	27,82	6,91	2,10
	4	-25,92	-6,43	-1,70
3	0	16,30	3,45	0,68
	4	-17,16	-3,67	-0,93
4	0	29,22	6,29	1,35
	5	-22,12	-4,63	-0,94
5	0	37,29	8,65	1,86
	5	-27,97	-6,40	-1,39
6	0	23,13	5,07	1,32
	5	-23,40	-5,13	-1,38

Çizelge 5.16. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerleri

El.No	El.Boy(m)	$(V_{22})$ Kesme Kuvveti (t)		
		Duvarsız	Basınc Çubuğu	Sonlu Elemanlar
1	0	11,60	2,87	2,35
	4	11,60	2,87	1,56
2	0	13,43	3,34	3,07
	4	13,43	3,34	2,03
3	0	-8,36	-1,78	-0,82
	4	-8,36	-1,78	-1,25
4	0	10,27	2,18	1,22
	5	10,27	2,18	1,05
5	0	13,05	3,01	1,69
	5	13,05	3,01	1,50
6	0	-1,63	-2,55	-2,00
	5	-1,63	-2,55	-2,13

Çizelge 5.17. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin (P) Eksenel Kuvvet Değerleri

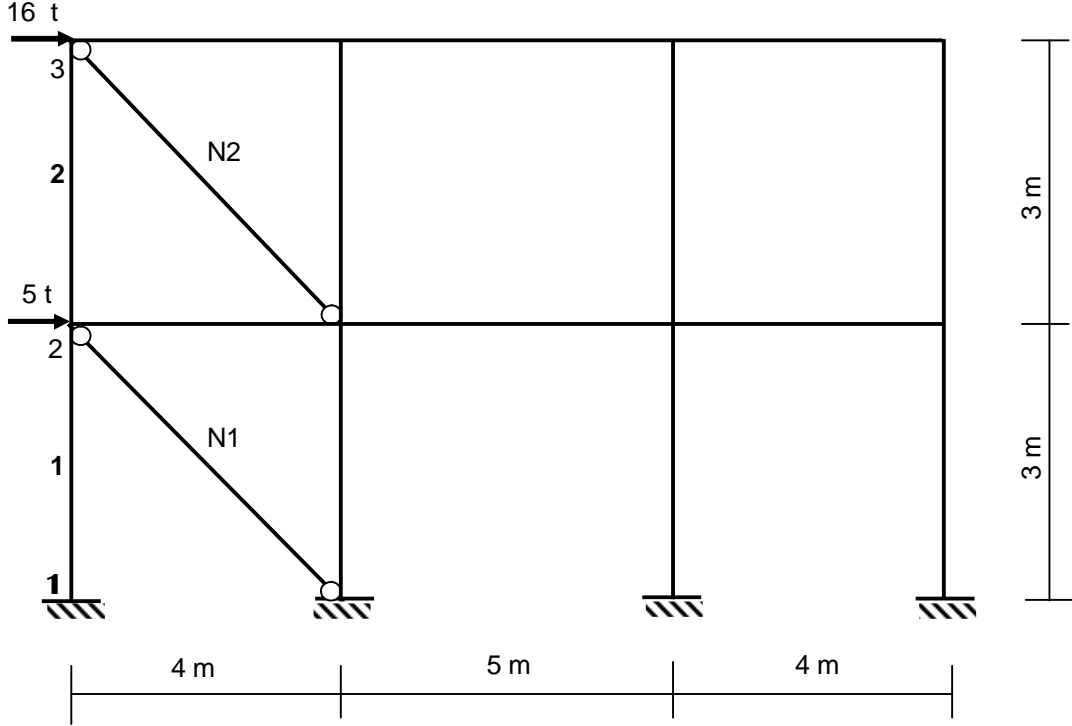
Eleman No	Eleman Boyu(m)	(P) Eksenel Kuvveti (t)		
		Duvarsız	Basınç Çubuğu	Sonlu Eleman
1	0	35,98	38,20	33,00
	4	35,98	38,20	22,69
2	0	-9,17	10,62	4,80
	4	-9,17	10,62	4,79
3	0	22,92	25,47	20,36
	4	22,92	25,47	13,38
4	0	-7,89	0,71	-9,00
	5	-7,89	0,71	-6,21
5	0	-6,76	3,24	-9,07
	5	-6,76	3,24	-5,80
6	0	-4,55	9,71	4,62
	5	-4,55	9,71	4,08

Çizelge 5.18. Beş Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin % Değişimleri

Eleman No	Eleman Boyu (m)	Moment		Kesme Kuvveti		Eksenel Kuvvet	
		Basınç Çubuğu	Sonlu Eleman	Basınç Çubuğu	Sonlu Eleman	Basınç Çubuğu	Sonlu Eleman
1	0	75,25	92,56	75,26	79,74	(+)6,17	8,28
	4	75,24	94,33	75,26	86,55	(+)6,17	36,94
2	0	75,16	92,45	75,13	77,14	(+)15,81	47,66
	4	75,19	93,44	75,13	84,88	(+)15,82	47,76
3	0	78,83	95,83	78,71	90,19	(+)11,13	11,17
	5	78,61	94,58	78,71	85,05	(+)11,13	41,62
4	0	78,47	95,38	78,77	88,12	91,00	(+)14,07
	5	79,07	95,75	78,77	89,78	91,00	21,29
5	0	76,8	95,01	76,93	87,05	52,07	(+)34,17
	5	77,12	95,03	76,93	88,51	52,07	14,2
6	0	78,08	94,29	(+)56,44	(+)22,70	(+)113,41	(+)1,54
	4	78,08	94,10	(+)56,44	(+)30,67	(+)113,41	10,33

## 5.1.5 Uygulama 5

Şekilde İki katlı ve üç açıklıklı düzlem çerçeve sistemine 5t ve 10 t'luk yatay kuvvetler uygulanmış ve dolgu duvarın etkisi incelenmiştir.



Şekil 5.7. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçeve Modeli

**Veriler:**

Dış Duvar Kalınlığı (Tuğla )	:10 cm
Kiriş Boyutları	:25 x 45 cm
Kolon Boyutları	:40 x 40 cm
Beton Sınıfı	:C20
Betonun Elastisite Modülü ( $E_c$ )	:28500 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü ( $E_{d-1}$ )	:1000 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü ( $E_{d-2}$ )	:2850 MPa

Çizelge 5.19. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçevenin Deplasman Değerleri

Nokta No	E(1)		E(2)	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
	1	2	1	2
Deplasman (mm)				
1	0	0	0	0
2	5,84	4,57	5,84	3,34
3	15,11	11,30	15,11	7,85

Boş çerçeveye duvarlı çerçeve deplasman değerleri noktasal olarak karşılaştırıldığında 2 noktasında %22, 3 noktasında ise %25lik bir azalmanın olduğu, bu değerlerin elastisite modüllerindeki değişimle karşılaştırılmasında ise elastisite modülünün artışıyla deplasmanlarda azalma görülürken, boş çerçeve ve duvarlı çerçeve karşılaştırılmasında, 2 noktasında %43, 3 noktasında ise %48 lik bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.20. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Moment Kuvveti Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu	$M_{33}$ Moment Kuvveti (t-m)		
		DŞÇ(E-1)	DÇ(E-1)	DÇ(E-2)
1	0	12,34	9,93	7,50
	3	-1,36	-1,64	-1,67
2	0	-5,88	3,20	1,67
	3	5,11	-4,17	-2,67

Çizelge 5.21. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Moment Kuvveti Değerlerinin (%) Olarak Karşılaştırılması

Eleman No	Eleman Boyu (m)	$M_{33}$ Moment Kuvveti (%)	
		DÇ(E-1)	DÇ(E-2)
1	0	19,80	33,00
	3	(+)20,6	(+)22,70
2	0	45,60	99,80
	3	19,00	47,80

Çizelge 5.22. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu (m)	$V_{22}$ Kesme Kuvveti (t)		
		DSÇ(E-1)	DÇ(E-1)	DÇ(E-2)
1	0	4,57	3,86	3,06
	3	4,57	3,86	3,06
2	0	3,67	2,46	1,45
	3	3,67	2,46	1,45

Çizelge 5.23. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerlerinin (%) Olarak Karşılaştırılması

Eleman No	Eleman Boyu	$V_{22}$ Kesme Kuvveti (%)	
		DÇ(E-1)	DÇ(E-2)
1	0	15,50	33,00
	3	15,50	33,00
2	0	33,00	60,50
	3	33,00	60,50

Çizelge 5.24. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin P Eksenel Kuvveti Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu(m)	P Eksenel Kuvveti (t)		
		DSÇ(E-1)	DÇ(E-1)	DÇ(E-2)
1	0	6,07	10,83	15,37
	3	6,07	10,83	15,37
2	0	2,88	5,85	8,35
	3	2,88	5,85	8,35

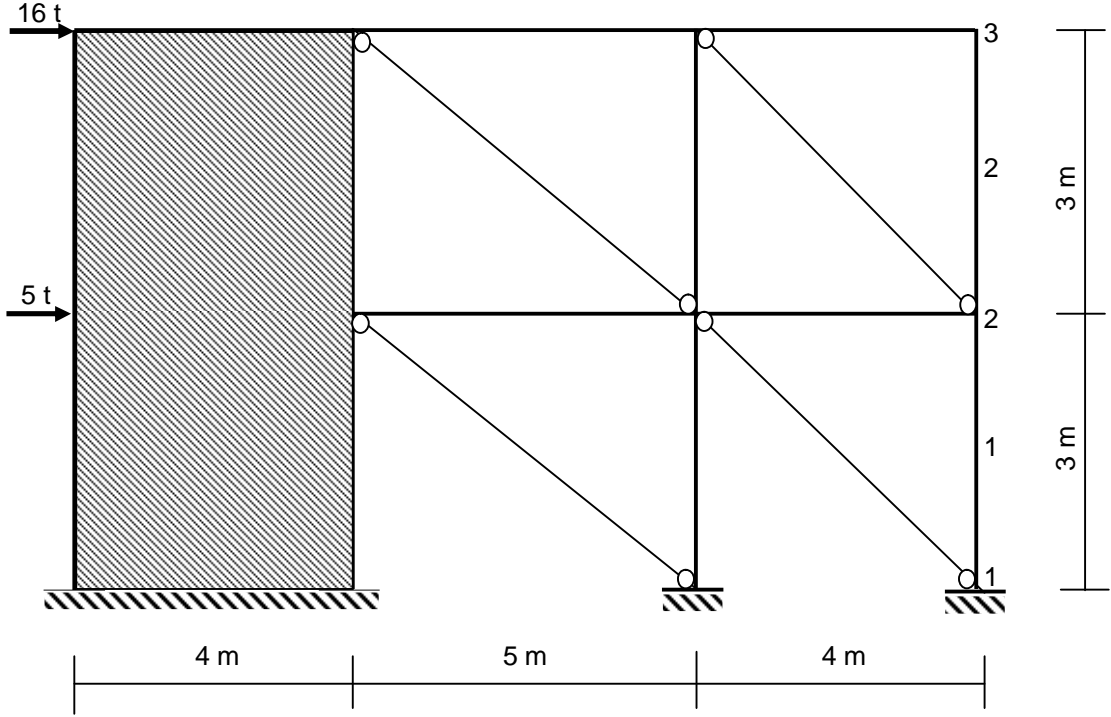
Yapılan analiz sonucunda eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenen N1 çubuğu 8,95 t ve N2 çubuğu 11,75 t basınç kuvvetine maruz kalmaktadır.

Çizelge 5.25. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Çerçevenin (P) Eksenel Kuvveti Değerlerinin (%) Olarak Karşılaştırılması

Eleman No	Eleman Boyu (m)	P Eksenel Kuvveti (%)		
		DSÇ(E-1)	DÇ(E-1)	DÇ(E-2)
1	0	6,07	(+)78,42	(+)153,21
	3	6,07	(+)78,42	(+)153,21
2	0	2,88	(+)103,13	(+)189,93
	3	2,88	(+)103,13	(+)189,93

## 5.1.6. Uygulama 6

Şekilde İki katlı ve üç açıklıklı perdeli düzlem çerçeve sistemine 5t ve 10t'luk yatay kuvvetler uygulanmış ve dolgu duvarın etkisi incelenmiştir.



Şekil 5.8. 2 Katlı Üç Açıklıklı Perdeli Çerçeve Modeli

**Veriler:**

Duvar Kalınlığı (Tuğla )	:10 cm
Perde Kalınlığı	:25 cm
Kiriş Boyutları	:25 x 45 cm
Kolon Boyutları	:40 x 40 cm
Beton Sınıfı	:C20
Betonun Elastisite Modülü ( $E_c$ )	:28500 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü ( $E_{d-1}$ )	:1000 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü ( $E_{d-2}$ )	:2850 MPa

Çizelge 5.26. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin Deplasman Değerleri

Nokta No	E(1)			E(2)		
	DSÇ	DÇ	Sonlu Eleman	DSÇ	DÇ	Sonlu Eleman
	1	2	3	1	2	3
Deplasman (mm)						
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,16	0,17	0,14	0,16	0,17	0,11
3	0,41	0,39	0,33	0,41	0,36	0,24

Boş çerçeveyle duvarlı çerçeve ve sonlu eleman deplasman değerleri noktasal olarak karşılaştırıldığında 2 noktasında %1.22 artma ve %16.43 oranında azalma, 3 noktasında ise %4.19'luk ve %19.70'lik bir azalmanın olduğu, bu değerlerin elastisite modüllerindeki değişimle karşılaştırılmasında ise elastisite modülünün artışıyla deplasmanlarda azalma görülürken; boş çerçeve ve duvarlı çerçeve karşılaştırılmasında, 2 noktasında %1.83 oranında artma ve %32.3'lük azalma, 3 noktasında ise %10,59 luk ve %41,13'lük bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.27. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Moment Kuvveti Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu (m)	$M_{33}$ Kuvveti (t-m)				
		DSÇ(E-1)	DÇ(E-1)	Sonlu Eleman (E-1)	DÇ(E-2)	Sonlu Eleman (E-2)
1	0	0,36	0,37	0,32	0,39	0,26
	3	-0,06	-0,08	0,08	-0,12	-0,08
2	0	0,12	0,09	0,07	0,04	0,03
	3	-0,15	-0,01	-0,11	-0,11	-0,07

Çizelge 5.28. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin ( $M_{33}$ ) Moment Kuvveti Değerlerinin (%) Olarak Karşılaştırılması

Eleman No	Eleman Boyu	$M_{33}$ Kuvveti (t-m)			
		DÇ(E-1)	Sonlu Eleman (E-1)	DÇ(E-2)	Sonlu Eleman (E-2)
1	0	(+)4,20	10,92	(+)9,52	26,33
	3	(+)40,00	(+)28,33	(+)96,67	(+)40,00
2	0	25,86	41,38	63,79	78,45
	3	90,93	26,67	24,00	52,00

Çizelge 5.29. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerleri

Eleman No	Eleman Boyu	$V_{22}$ Kesme Kuvveti (t)				
		DSÇ(E-1)	DÇ(E-1)	Sonlu Eleman (E-1)	DÇ(E-2)	Sonlu Eleman (E-2)
1	0	0,14	0,15	0,13	0,17	0,12
	3	0,14	0,15	0,13	0,17	0,12
2	0	0,09	0,07	0,06	0,05	0,03
	3	0,09	0,07	0,06	0,05	0,03

Çizelge 5.30. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin ( $V_{22}$ ) Kesme Kuvveti Değerlerinin (%) Olarak Karşılaştırılması

Eleman No	Eleman Boyu	$V_{22}$ Kesme Kuvveti (t)			
		DÇ(E-1)	Sonlu Eleman (E-1)	DÇ(E-2)	Sonlu Eleman (E-2)
1	0	(+)9,35	5,04	(+)22,30	16,55
	3	(+)9,35	5,04	(+)22,30	16,55
2	0	16,85	32,58	41,57	63,93
	3	16,85	32,58	41,57	63,93

Çizelge 5.31. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin (P) Eksenel Kuvveti Değerleri

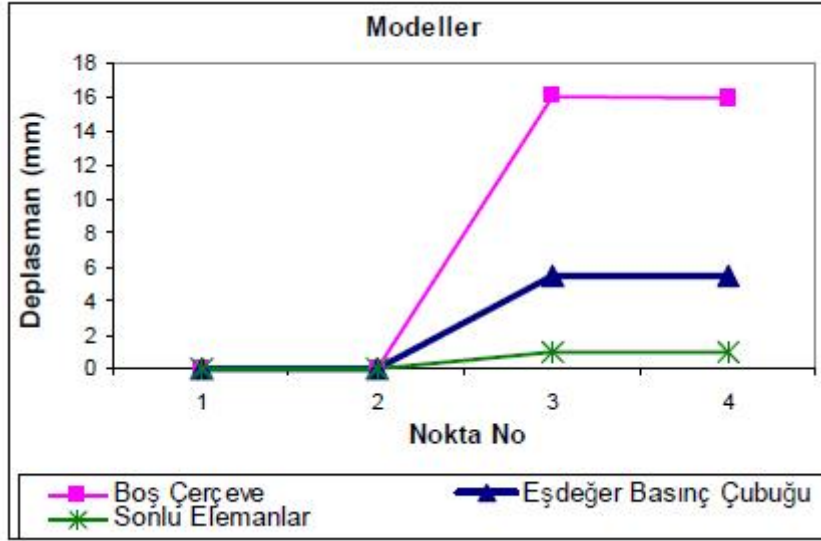
Eleman No	Eleman Boyu	P Eksenel Kuvveti (t)				
		DŞÇ(E-1)	DÇ(E-1)	Sonlu Eleman (E-1)	DÇ(E-2)	Sonlu Eleman (E-2)
1	0	-0,16	-0,28	-0,61	-0,45	-0,11
	3	-0,16	-0,28	-0,61	-0,45	-0,11
2	0	-0,07	-0,07	-0,26	-0,06	-0,43
	3	-0,07	-0,07	-0,26	-0,06	-0,43

Çizelge 5.32. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçevenin (P) Eksenel Kuvveti Değerlerinin (%) Olarak Karşılaştırılması

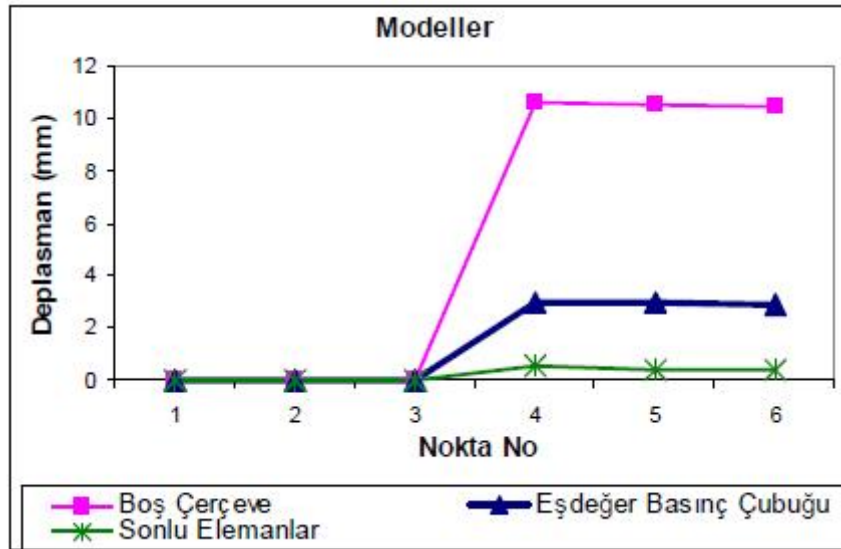
Eleman No	Eleman Boyu	P Eksenel Kuvveti (t)				
		DŞÇ(E-1)	DÇ(E-1)	Sonlu Eleman (E-1)	DÇ(E-2)	Sonlu Eleman (E-2)
1	0	-0,16	(+)73,13	(+)282,50	(+)180,00	33,75
	3	-0,16	(+)73,13	(+)282,50	(+)180,00	33,75
2	0	-0,07	9,45	(+)261,64	23,29	(+)493,15
	3	-0,07	-0,07	(+)261,64	23,29	(+)493,15

### 5.1.7. Düzlem Çerçeve Örneklerinin Karşılaştırılması

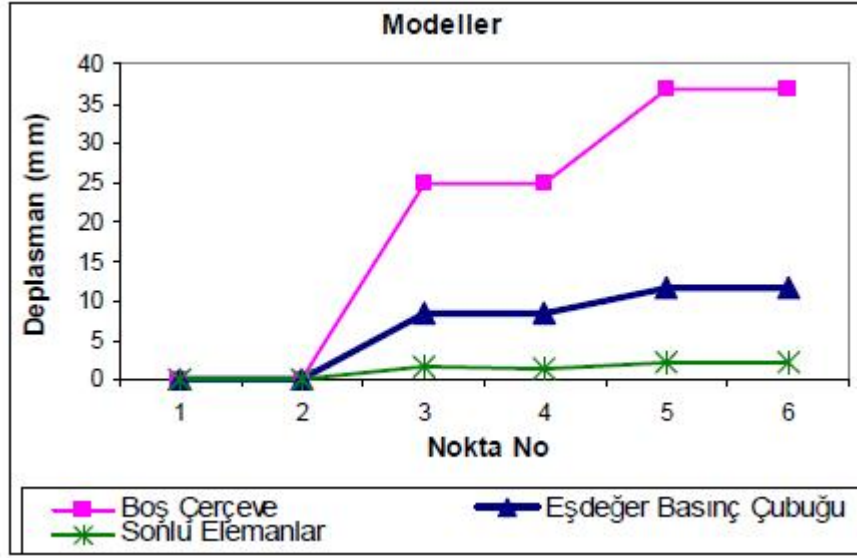
Yapılan analizler sonucunda dolgu duvar modelli düzlem çerçevelerin dolgu duvarsız modelli düzlem çerçevelere göre deplasman ve içi kuvvetlerindeki değişimler incelenmiştir. Dolgu duvarın eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesi sonucu tüm düzlem çerçeve modelleri için boş çerçeveye göre deplasman değerleri %65.87 - %76.52 arasında azalma gösterirken, sonlu elemanlar modelinde bu değerler %93.68 - %96.00 arasında azalmıştır. Moment değerleri benzer şekilde karşılaştırıldığında eşdeğer basınç çubuğu modelinde %66.00 - % 78.83 arasında azalırken, sonlu elemanlar modelinde %90.04 - %98.64 arasında azalmıştır. Kesme kuvveti değerleri benzer şekilde karşılaştırıldığında eşdeğer basınç çubuğu modelinde %66.07 - %78.77 arasında olan azalmaya karşılık, sonlu elemanlar modelinde %74.37 - %98.64 arasında azalma görülmüştür. Eksenel kuvvet değerleri ise eşdeğer basınç çubuğu modelinde %6.17 - %140 arasında değişim gösterirken, sonlu elemanlar modelinde %1.54 - %95.75 arasında değişim göstermiştir. Elastisite modülündeki değişiminde hesaba katılmasıyla bu oranların deplasman ve moment ve kesme kuvveti değerlerinin azalmasında olumlu yönde etkilerinin olduğu ve eksenel kuvvette de aralık sınırları içerisinde bir artışın olduğu görülmüştür. Dolgu duvarlı çerçeve duvarsız çerçeveye göre daha rijit davranış sergilemiştir. Ayrıca dolgu duvarın çerçeveden ayrılmasını ve kayma gerilmesini dikkate almadan birinci tip sonlu elemanlarla modellenmesinin doğru olmadığı görülmüştür. Düzlem çerçeve modellerinin yapılan analiz sonucu bulunan deplasman değerleri için grafikler çizilmiştir.



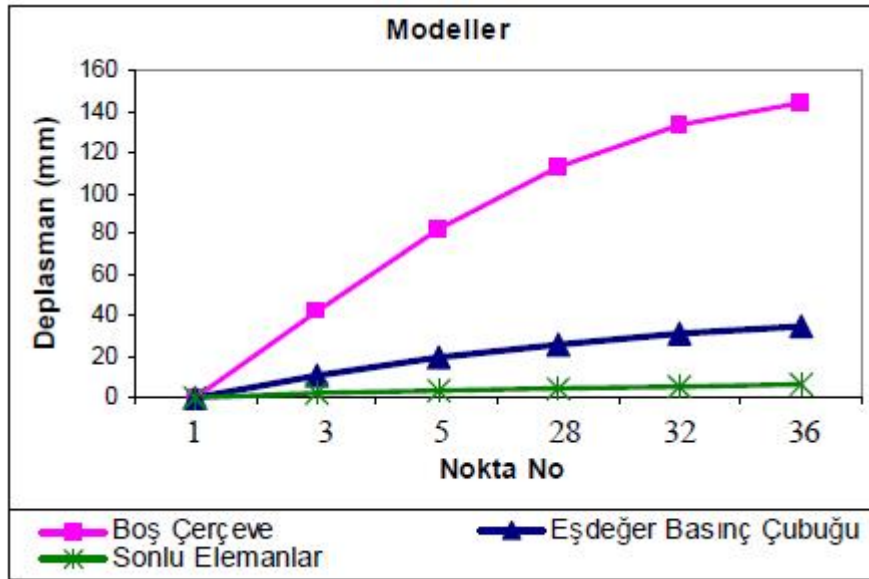
Şekil 5.9. Tek Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri



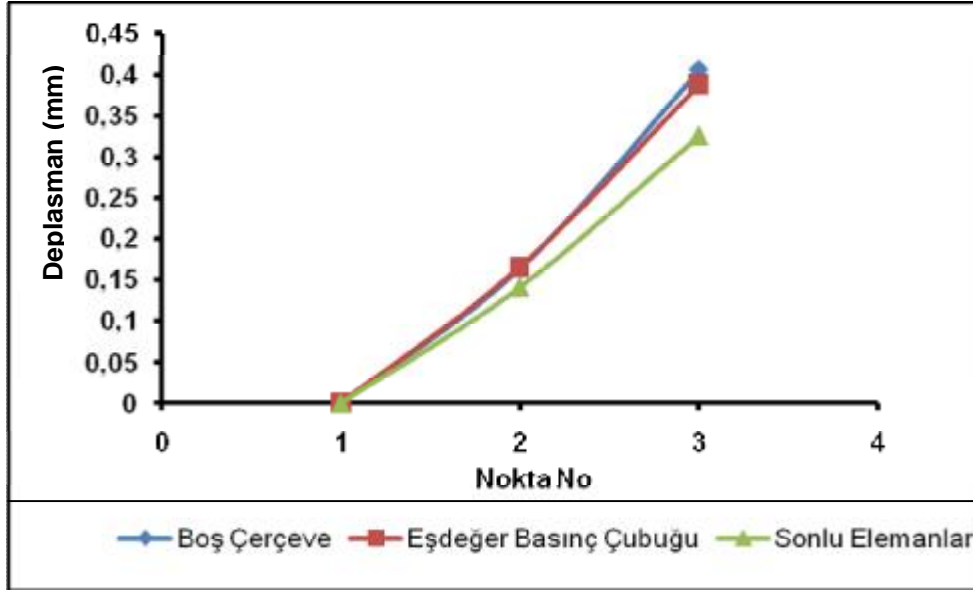
Şekil 5.10. Tek Katlı ve İki Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri



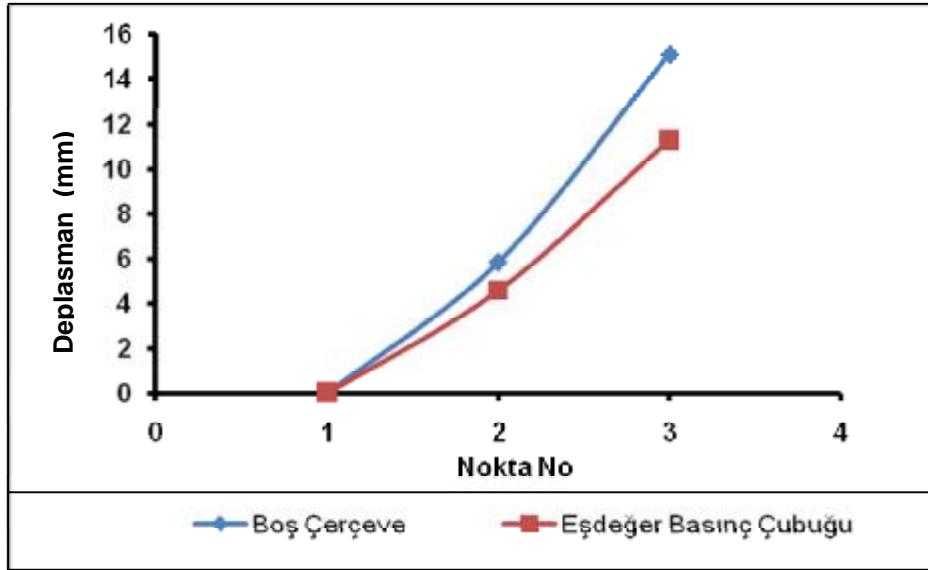
Şekil 5.11. İki Katlı ve Tek Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri



Şekil 5.12. Beş Katlı ve Beş Açıklıklı Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri



Şekil 5.13. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdeli Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri



Şekil 5.14. İki Katlı ve Üç Açıklıklı Perdesiz Çerçeve Modellerinin Deplasman Grafikleri

**5.2.1. Uygulama 7****Analiz İçin Kullanılan Yapının Özellikleri**

Bu örnekte toplam kat yüksekliği ( $H_N$ ) 17 m olan, süneklik düzeyi yüksek, düzenli bir yapının deprem analizi eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapılmıştır.

**Veriler:**

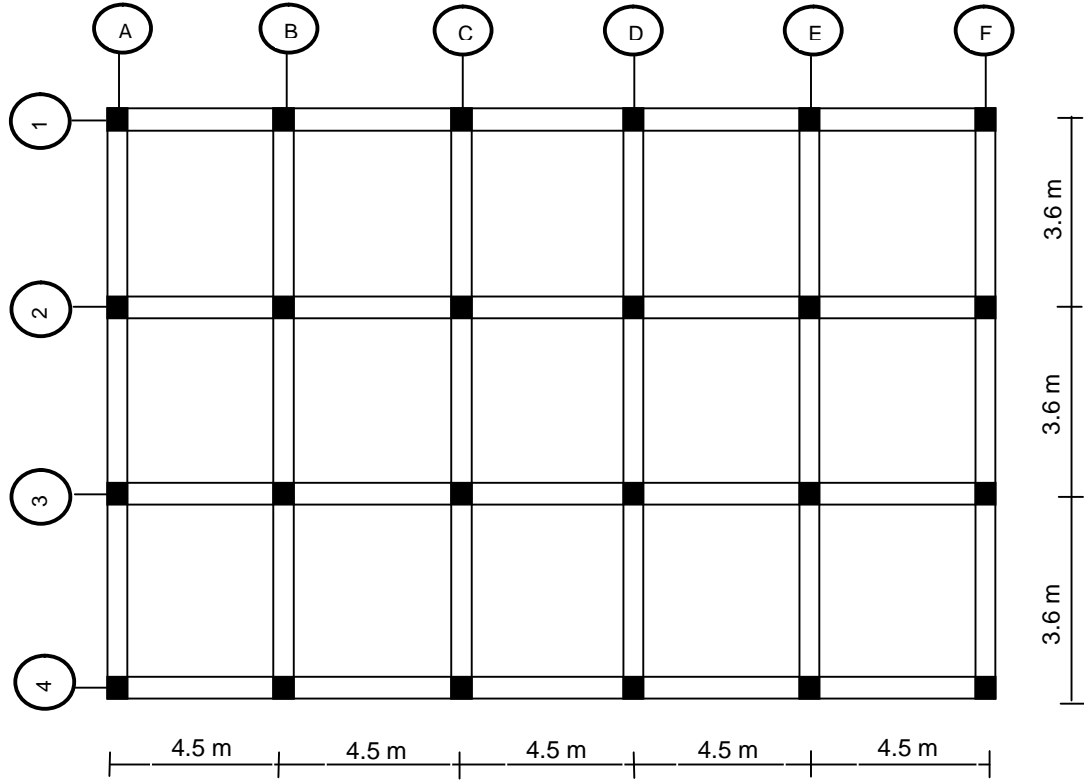
Döşeme	:12 cm
İç Duvar Kalınlığı (Tuğla)	:10 cm
Dış Duvar Kalınlığı (Tuğla )	:20 cm
Kiriş Boyutları	:25 x 50 cm
Kolon Boyutları	:40 x 40 cm
Beton Sınıfı	:C20
Betonun Elastisite Modülü( $E_c$ )	:28500 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü (Ed-1)	:1000 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü (Ed-2)	:2850 MPa

**Bina Bilgileri:**

Kat Sayısı	:5
Bodrum Kat Sayısı	:-
Taşıyıcı Sistem Türü	:B.A Çerçeve
Kat Yükseklikleri	:3.4 m

**Deprem Bilgileri:**

Deprem Bölgesi	:1
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	:0.4
Yerel Zemin Sınıfı	:Z3
Spektrum Karakteristik Periyodları	: $T_A=0.15$ sn $T_B=0.60$ sn



Şekil 5.15. Bina Kat Planı

Şekil 5.15'de kalıp planı verilen binanın analizi yapılırken 3 şekilde çözülmüştür. İlk analizde yapı duvarı ağırlık olarak ele alırken sistemde duvar yerleştirilmemiş, kalan diğer iki çözümde ise duvar hem ağırlık hemde model olarak yansıtılmıştır. Analiz edilen yapıda C-D ve 2-3 akslarının kesiştiği ortada bulunan açıklıkta duvar koyulmayarak böylece dolgu duvarın binaya olan etkisi analiz edilmiştir.

### 5.2.1.1. Binanın Kat Ağırlıkları

Kat ağırlıkları hesaplanırken, döşeme için (döşeme + tesviye + kaplama + sıva)'dan oluşan sabit yük  $4.84 \text{ kN/m}^2$  olarak hesaplanmış ve hareketli yük normal katlarda  $2 \text{ kN/m}^2$ , çatı katında  $1.5 \text{ kN/m}^2$  olarak alınmıştır. Kiriş ve kolon ağırlıklarının hesaplanmasında tasarım yükü olarak  $25 \text{ kN/m}^3$ , duvar ağırlıkları'nın

hesaplanmasında boşluklu tuğla duvar için tasarım yükü  $4,84 \text{ kN/m}^2$  alınmıştır. Duvarın iç ve dış sıvası 1 cm kabul edilmiş ve kullanılan sıvanın tasarım yükü  $20 \text{ kN/m}^3$  olarak alınmıştır. Bu değerler kullanılarak her katın ağırlığı hesaplanmış ve Çizelge 5.33'de gösterilmiştir. Normal kat ağırlıkları N, çatı kat ağırlıkları ise Ç olarak adlandırılmıştır. Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı W ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.33. 5 Katlı Binanın Kat Ağırlıkları

Kolon Boyutları	Kat	$W_i(t)$		
		DŞÇ	DÇ	SHELL
		1	2	3
40x40(E-1)	N	328,783	328,783	328,783
	Ç	325,138	325,138	325,138
	W	1640,27	1640,27	1640,27
40X40(E-2)	N	328,783	328,783	328,783
	Ç	325,138	325,138	325,138
	W	1640,27	1640,27	1640,27

Tuğla duvarın çok katlı yapı davranışına etkisini araştırmak amacıyla hazırlanan bu örnekte, 5 katlı bir bina ele alınmış ve SAP2000 üç boyutlu analiz programı ile deprem analizi yapılmıştır. Duvarlı ve duvarsız modeller için aşağıda belirtilen tanımlamalar yapılmıştır.

**DŞÇ:** Tuğla duvar sadece ağırlık olarak dikkate alınarak modellenen boş çerçeve

**DÇ:** Tuğla duvar ağırlık ve model olarak dikkate alınan çerçeve

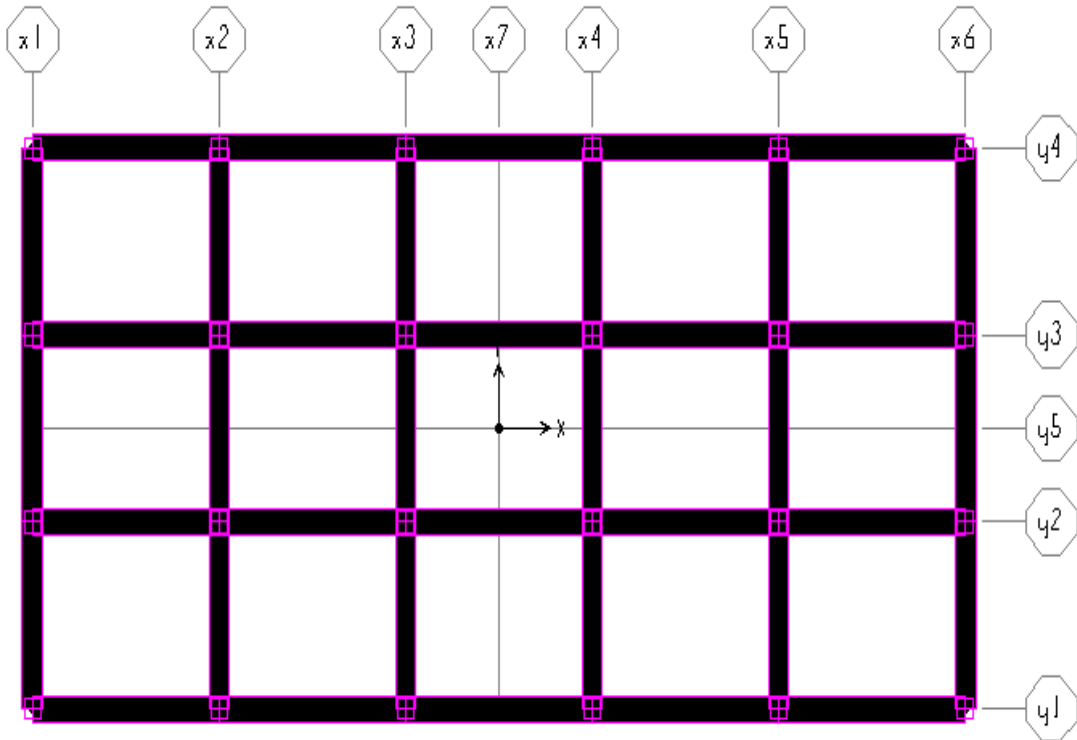
### 5.2.1.2. Seçilen Bina Verilerinin Programa Yansıtılması

Tuğla duvarın binaya yapısal katkısının incelenebileceği yapının analiz sürecinde, üç boyutlu analiz programı olan SAP2000 programı kullanılmıştır. Projeye göre aks aralıkları tanımlanmış ve seçilen kesit ve malzemeye uygun kolon ve kirişler yerleştirilmiştir. Dolgu duvarı modellemek için iki ucu mafsallı eşdeğer basınç çubuğu kullanılmıştır. Açıklık mesafeleri dikkate alınarak iki çeşit eşdeğer

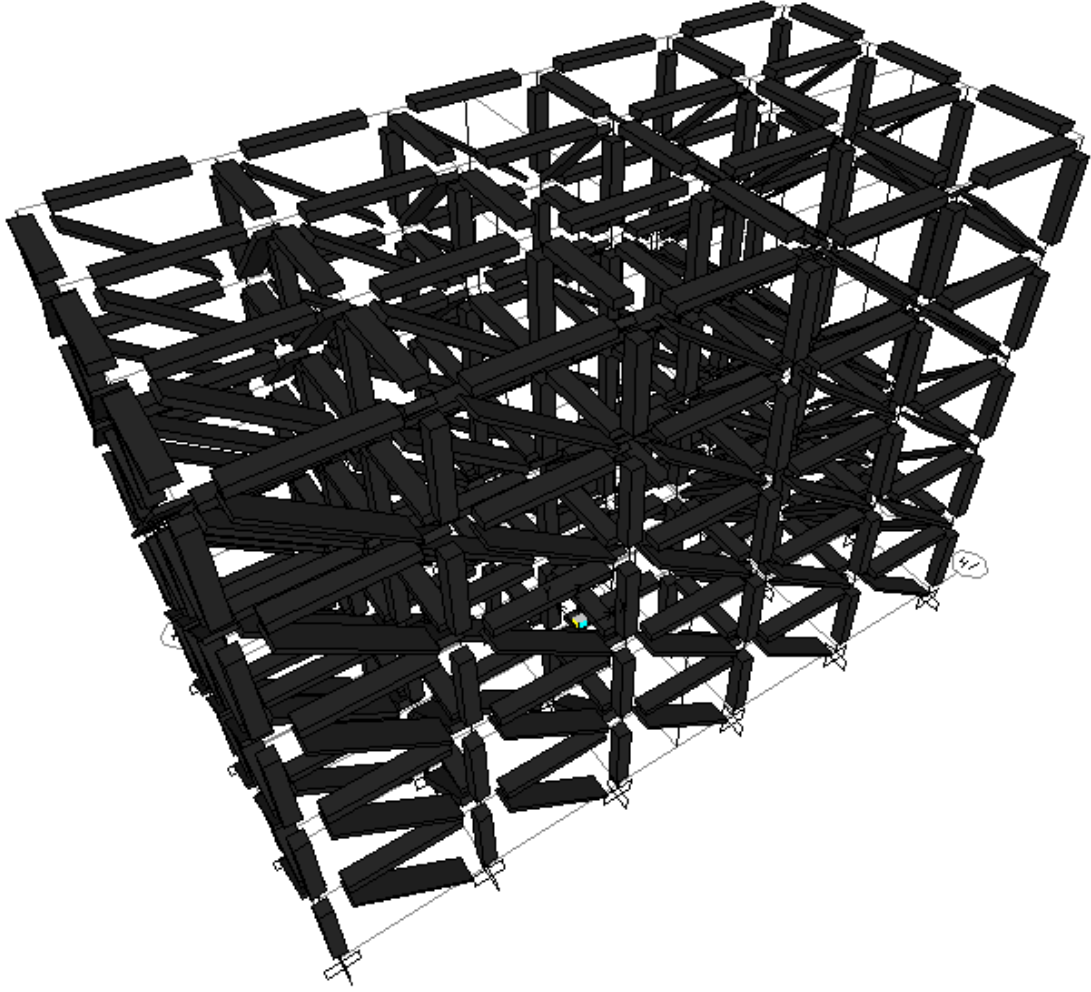
sanal çubuk kalınlığı hesaplanmıştır (Çizelge 5.34). Kullanılan duvar cinsine göre kalınlık ve elastisite modülü değiştirilmiştir.

Çizelge 5.34. Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları (w)

w(m)		
Tuğla Duvar Kalınlıkları		
L(m)	10'luk	20'lik
3.6	0.66	0.61
4.5	0.75	0.70



Şekil 5.16. 5 Katlı Binanın SAP2000 Model Planı



Şekil 5.17. 5 Katlı Binanın Üç Boyutlu Basınç Çubuğu Modeli

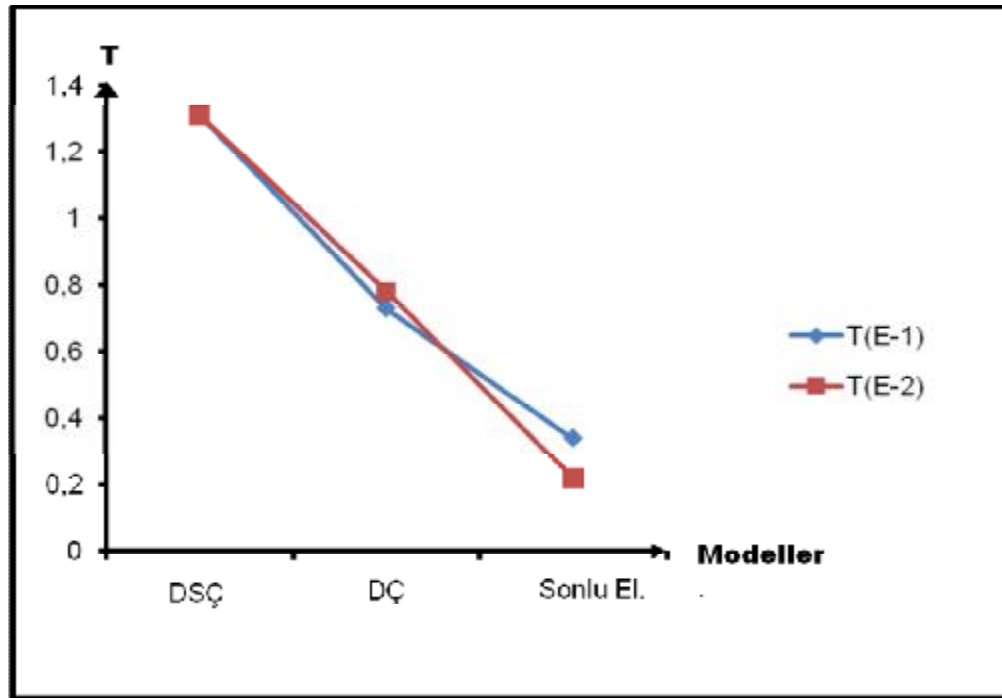
### 5.2.1.3. Beş Katlı Yapının X Yönünde Deprem Analizi

#### 5.2.1.3.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu

5 katlı yapının x yönündeki birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh oranı ile hesaplanmıştır. Periyod değerleri Çizelge 5.35’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.35. 5 katlı Binanın X Yönünde Farklı Elastisite Değerlerine Göre Periyod Değerleri

Elastisite Modülü(Duvar) (MPa)	Periyod (sn)		
	DSÇ	DÇ	Sonlu Elemanlar
	1	2	3
E-1(1000)	1,313	0.73	0.34
E-2(2850)	1,313	0.78	0.22



Şekil 5.18. 5 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

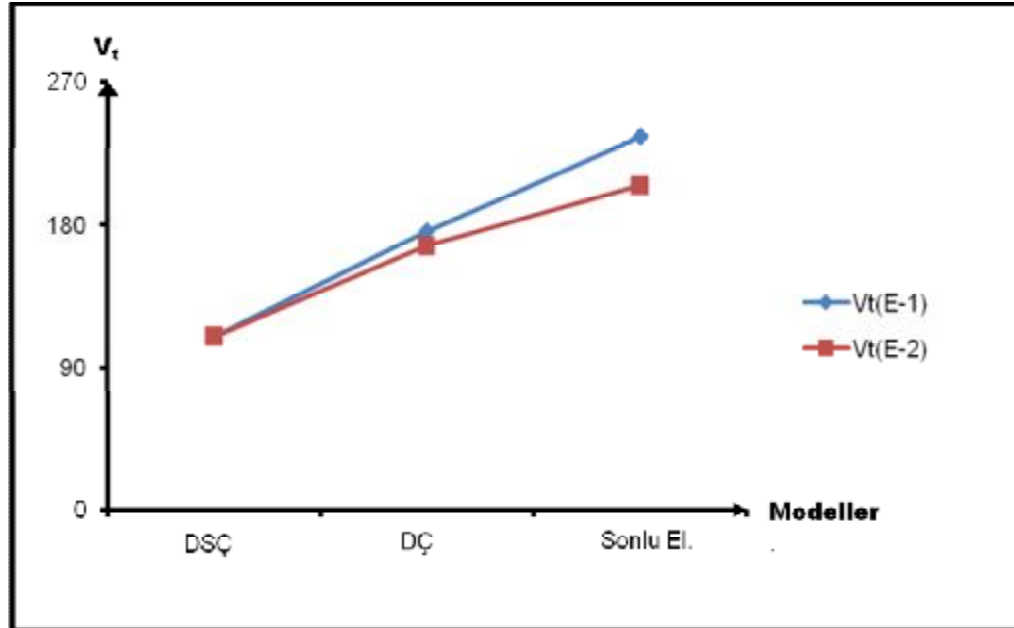
Şekil 5.18 de görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde genel olarak boş çerçeveye göre periyot değerleri azalma eğilimi göstermiş, bu değişimde sonlu elemanlar modellemesinde daha belirgin olarak görülmüştür.

### 5.2.1.3.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı

5 katlı yapının x yönündeki toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti) ( $V_t$ ) hesaplanarak Çizelge 5.36'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.36. 5 katlı Binanın X Yönünde Farklı Elastisite Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri

Elastisite Modülü(Duvar) (MPa)	$V_t$ (t)		
	DSÇ	DÇ	Sonlu El.
	1	2	3
E-1(1000)	109.58	175.74	205.03
E-2(2850)	109.58	166.45	205.03



Şekil 5.19. 5 Katlı Binanın Kesme Kuvveti Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi

Şekil 5.19 da görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde genel olarak boş çerçeveye göre taban kesme kuvveti değerleri

en belirgin basınç çubuğu modelinde azalma eğilimi göstermiş, sonlu elemanlar modellemesinde artmıştır.

### 5.2.1.3.(3). Binada Deprem Yükleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri

Eşdeğer kat deprem yükleri, kat hizalarında +%5 ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınarak, kaydırılmış kat kütle merkezine etki ettirilmiştir ( $e_y=0.54$ ). Yapılan analiz sonucu eksantrisiteden dolayı elde edilen deplasman değerleri her kat için çizelgelerle gösterilmiştir.

Çizelge 5.37. 5 katlı Binanın 1. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları(m)

Çerçeve Sistemleri	1.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DSÇ	0.0069	0.0074	0.0069	0.0074
DÇ	0.0043	0.0047	0,0022	0,0024
Sonlu EL.	0.0012	0.0013	0,0005	0,0005

Çizelge 5.38. 5 katlı Binanın 2. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

Çerçeve Sistemleri	2.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DSÇ	0.0186	0.0199	0.0186	0.0199
DÇ	0.0099	0.0108	0,0048	0,0052
Sonlu EL.	0.0025	0.0027	0,0010	0,0011

Çizelge 5.39. 5 katlı Binanın 3. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

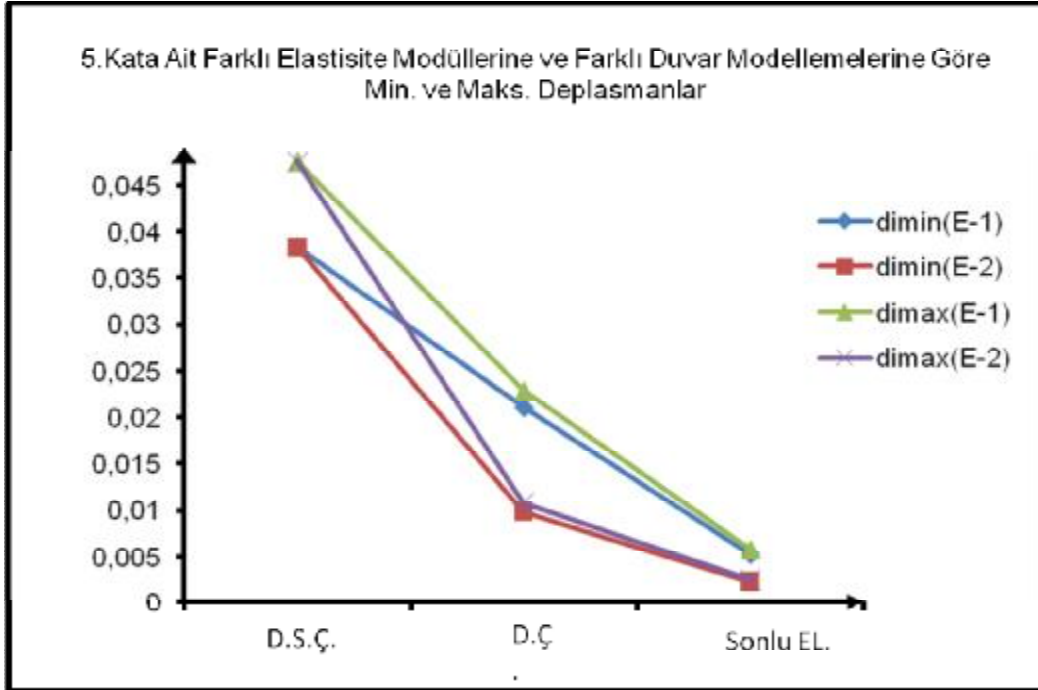
Çerçeve Sistemleri	3.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DSÇ	0.0299	0.0320	0.0299	0.0320
DÇ	0.0149	0.0162	0,0071	0,0077
Sonlu EL.	0.0036	0.0040	0,0015	0,0017

Çizelge 5.40. 5 katlı Binanın 4. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

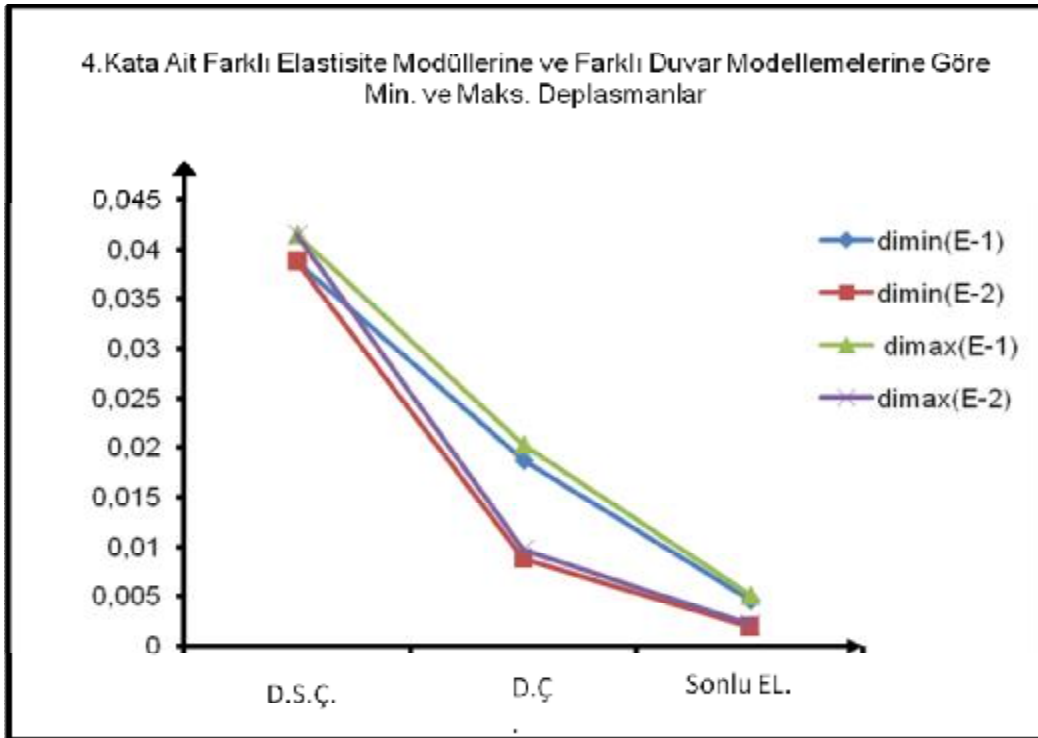
Çerçeve Sistemleri	4.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DSÇ	0.0388	0.0415	0.0388	0.0415
DÇ	0.0187	0.0203	0,0089	0,0096
Sonlu EL.	0.0046	0.0051	0,0019	0,0021

Çizelge 5.41. 5 katlı Binanın 5. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

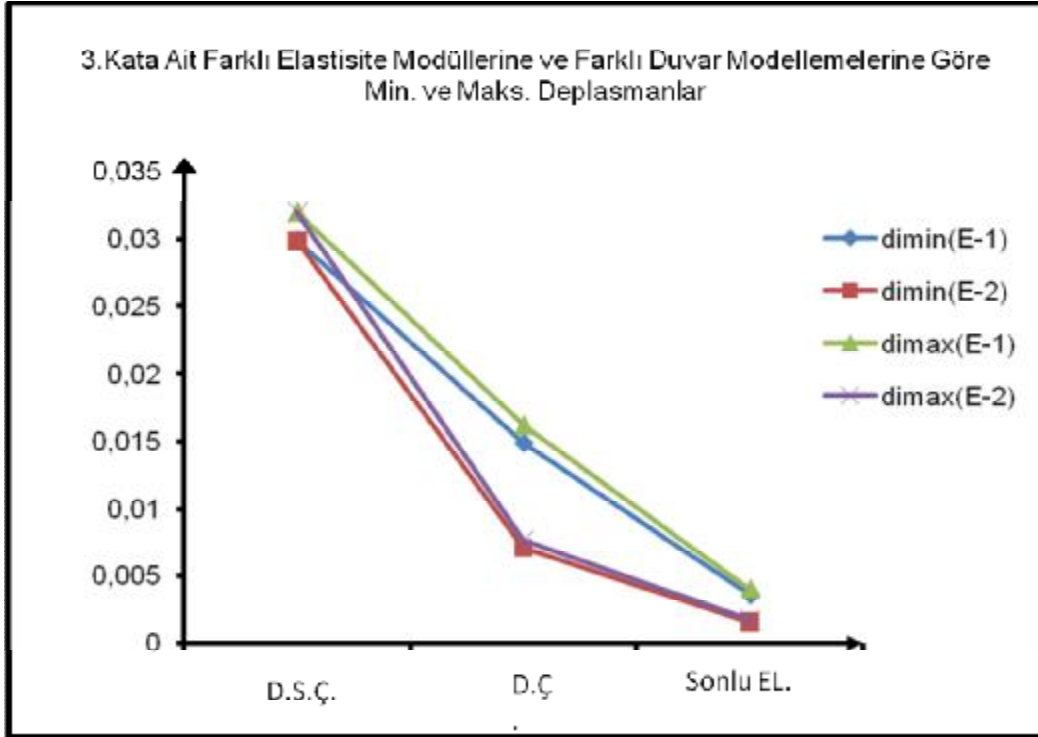
Çerçeve Sistemleri	5.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DSÇ	0.0384	0.0476	0.0384	0.0476
DÇ	0.0211	0.0229	0,0099	0,0108
Sonlu EL.	0.0053	0.0058	0,0023	0,0025



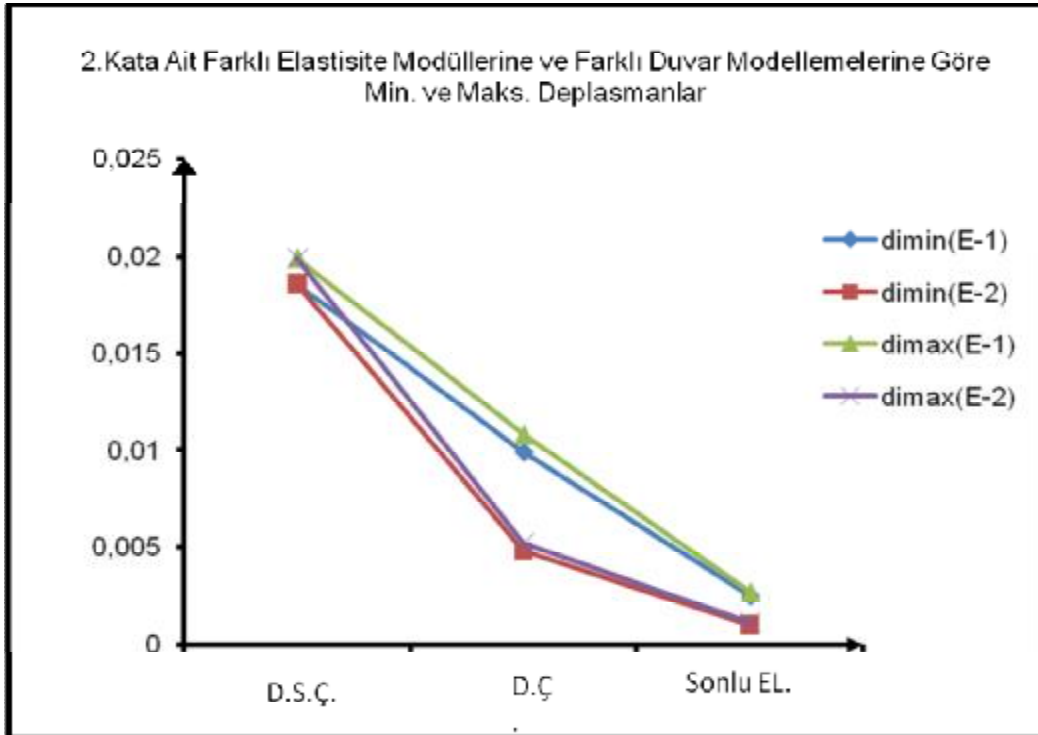
Şekil 5.20. 5 Katlı Binanın 5.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



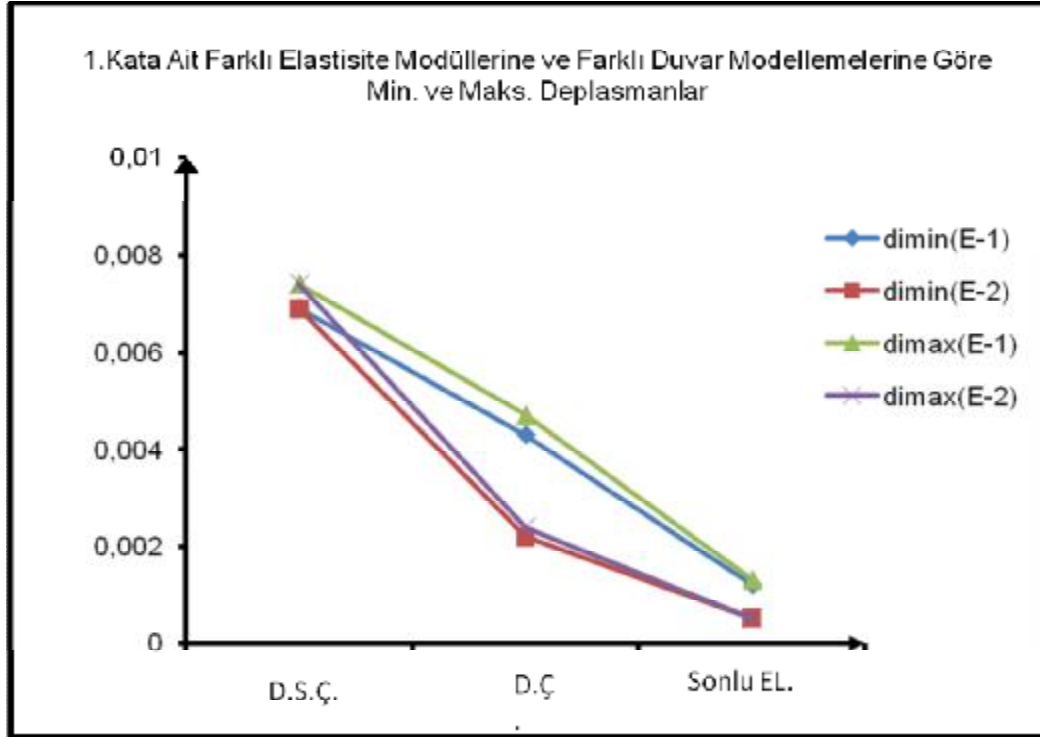
Şekil 5.21. 5 Katlı Binanın 4.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.22. 5 Katlı Binanın 3.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.23. 5 Katlı Binanın 2.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.24. 5 Katlı Binanın 1.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Şekil 5.20, Şekil 5.21, Şekil 5.22 , Şekil 5.23, Şekil 5.24 de görüldüğü gibi boş çerçeve, duvarlı çerçeve ve sonlu elemanlar metoduyla duvar modellemesinde alınan farklı elastisite modülüne göre elde edilen kat deplasman değerlerinin min. ve maks. değerleri, elastisite modülü arttıkça ve alt katlara doğru azalmakta, bu değer düşüşüde en açık sonlu elemanlar metoduyla bulunan deplasman değerlerinde görülmekteyken, ikinci sırada basınç çubuğuyla modellenen duvarlı çerçeve ve bunu takiben boş çerçeve modelinde görülmektedir.

#### 5.2.1.3.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Farklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı ( $\eta_{bi}$ ) 1.20'den küçük çıkmıştır. Hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayıları Çizelge 5.42'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.42. 5 katlı Binanın X Yönünde Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	Burulma Düzensizliği Katsayıları( $h_{bi}$ )					
	E-1 (1000) MPa			E-2 (2850) MPa		
	DŞÇ	DÇ	Sonlu El.	DŞÇ	DÇ	Sonlu El.
5	1.033	1.044	1.043	1.033	1,044	1,037
4	1.034	1.043	1.045	1.034	1,043	1,041
3	1.034	1.043	1.048	1.034	1,042	1,045
2	1.034	1.042	1.049	1.034	1,040	1,046
1	1.035	1.040	1.049	1.035	1,037	1,049

#### 5.2.1.3.(5). Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan B2-Yumuşak Kat Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Rijitlik Düzensizlik Katsayısı ( $\eta_{ki}$ ) 2'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.43. 5 katlı Binanın X Yönünde Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Kat No	Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları( $h_{ki}$ )					
	E-1 (1000) MPa			E-2 (2850) MPa		
	DŞÇ	DÇ	Sonlu El.	DŞÇ	Sonlu El.	Sonlu El.
5	0.64	0.63	0.69	0.64	0,64	0,74
4	0.79	0.77	0.82	0.79	0,79	0,86
3	0.96	0.87	0.91	0.96	0,87	0,95
2	1.70	1.32	1.11	1.70	1,18	1,11
1	-	-	-	-	-	-

**5.2.1.3.(6). Binanın Görelî Kat Ötelemesi**

Farklı Elastisite Değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu görelî kat ötelemeleri hesaplanmıştır.

Çizelge 5.44. 5 katlı Binanın X Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü

Kat No	Görelî Kat Ötelenmesi Katsayıları(( $\delta_i$ )max/hi)					
	E-1 (1000) MPa			E-2 (2850) MPa		
	DSÇ	DÇ	Sonlu El.	DSÇ	DÇ	Sonlu El.
5	0,01391	0,0059	0,0016	0,0139	0,0028	0,0008
4	0,0216	0,0094	0,0024	0,0216	0,0044	0,0010
3	0,0275	0,0121	0,0029	0,0275	0,0056	0,0012
2	0,0286	0,0139	0,0032	0,0286	0,0064	0,0013
1	0,0168	0,0105	0,0029	0,0168	0,0054	0,0012

**5.2.1.3.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü**

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri göz önüne alınarak, İkinci Mertebe Gösterge Değeri ( $\theta_i$ ) çerçeve modelleri için hesaplanmıştır. Bu değerler 0.12'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.45. 5 katlı Binanın 5. Katının X Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü

Kat No	İkinci Mertebe Değeri ( $\theta_i$ )					
	E-1 (1000) MPa			E-2 (2850) MPa		
	DSÇ	DÇ	Sonlu EL.	DSÇ	DÇ	Sonlu EL.
5	0,0145	0,0038	0,0009	0,0145	0,0019	0,0004
4	0,0263	0,0071	0,0015	0,0263	0,0035	0,0007
3	0,0381	0,0105	0,0022	0,0381	0,0051	0,0009
2	0,0457	0,0138	0,0027	0,0457	0,0067	0,0011
1	0,0315	0,0123	0,0029	0,0315	0,0066	0,0012

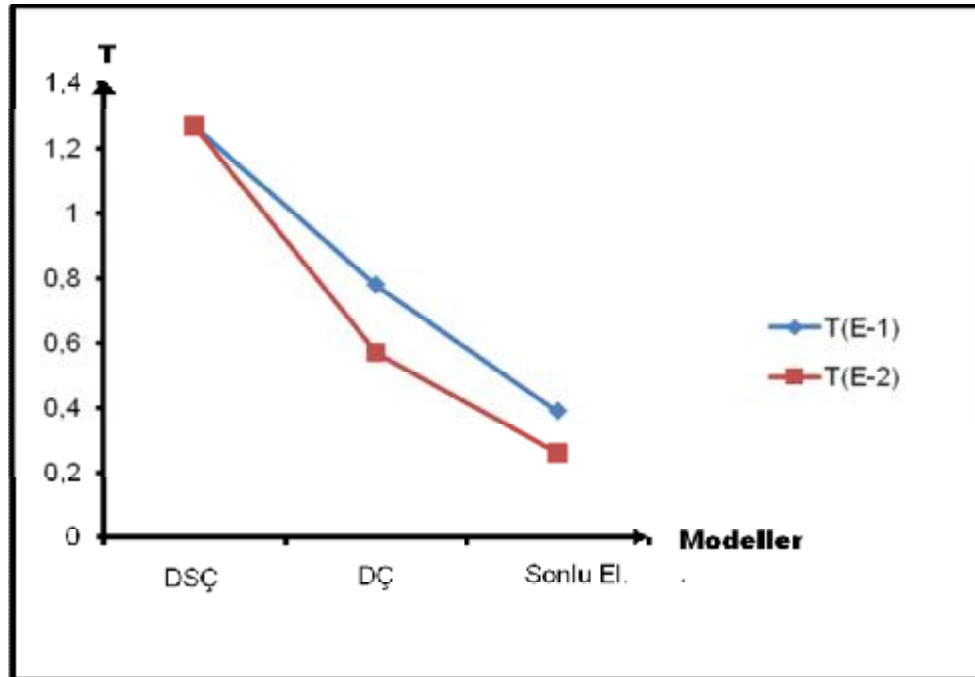
#### 5.2.1.4. Beş Katlı Binanın Y Yönünde Deprem Analizi

##### 5.2.1.4.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu

5 katlı yapının y yönündeki birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh oranı ile hesaplanmıştır. Periyod değerleri Çizelge 5.46’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.46. 5 katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Değerlerine Göre Periyod Değerleri

Elastisite Modülü(Duvar) (MPa)	Periyod (sn)		
	DŞÇ	DÇ	Sonlu EL.
	1	2	3
E-1 (1000) MPa	1.27	0.78	0.39
E-2 (2850) MPa	1.27	0.57	0.26



Şekil 5.25. 5 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

Şekil 5.25 de görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde genel olarak boş çerçeveye göre periyot değerleri azalma eğilimi göstermiş, bu değişimde sonlu elemanlar modellemesinde daha belirgin olarak görülmüştür.

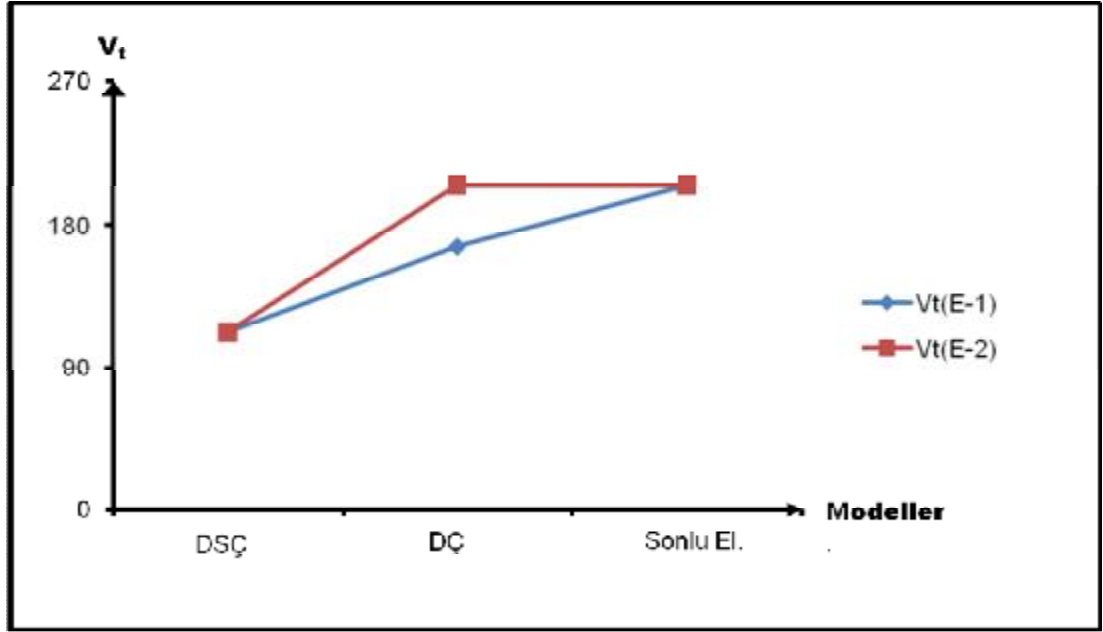
#### 5.2.1.4.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı

5 katlı yapının y yönündeki toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti) ( $V_t$ ) hesaplanarak Çizelge 5.47’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.47. 5 katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri

Elastisite Modülü(Duvar) (MPa)	$V_t$ (t)		
	DŞÇ	DÇ	Sonlu EL.
	1	2	3
E-1 (1000) MPa	112.37	166.45	205.03
E-2 (2850) MPa	112.37	205.03	205.03

Şekil 5.26 da görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde genel olarak boş çerçeveye göre taban kesme kuvveti değerleri basınç çubuğu modeli ve sonlu elemanlar modellemesinde artma eğilimi göstermiştir.



Şekil 5.26. 5 Katlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

### 5.2.1.4.(3). Binada Deprem Yükleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri

Eşdeğer kat deprem yükleri, kat hizalarında +%5 ek dışmerkezlilik etkisi göz önüne alınarak, kaydırılmış kat kütle merkezine etki ettirilmiştir ( $e_y=1,125$ ). Yapılan analiz sonucu eksantrisiteden dolayı elde edilen deplasman değerleri her kat için çizelgelerle gösterilmiştir.

Çizelge 5.48. 5 katlı Binanın 1. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	1.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DŞÇ	0.0059	0.0081	0.0059	0.0081
DÇ	0.0039	0.0055	0.0028	0,0041
Sonlu EL.	0.0013	0.0018	0.0005	0.0008

Çizelge 5.49. 5 katlı Binanın 2. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	2.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DŞÇ	0.0157	0.0217	0.0157	0.0217
DÇ	0.0092	0.0130	0.0063	0,0091
Sonlu EL.	0.0028	0.0039	0.0012	0.0017

Çizelge 5.50. 5 katlı Binanın 3. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

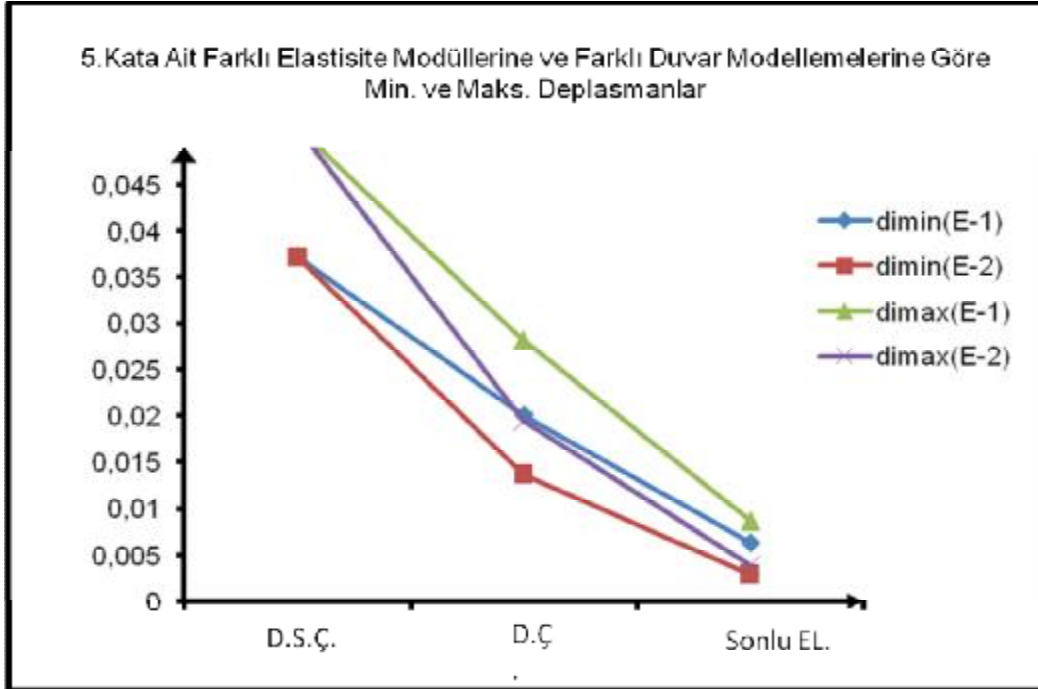
Çerçeve Sistemleri	3.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DŞÇ	0.0251	0.0346	0.0251	0.0346
DÇ	0.0014	0.0197	0.0094	0,0136
Sonlu EL.	0.0042	0.0058	0.0019	0.0025

Çizelge 5.51. 5 katlı Binanın 4. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

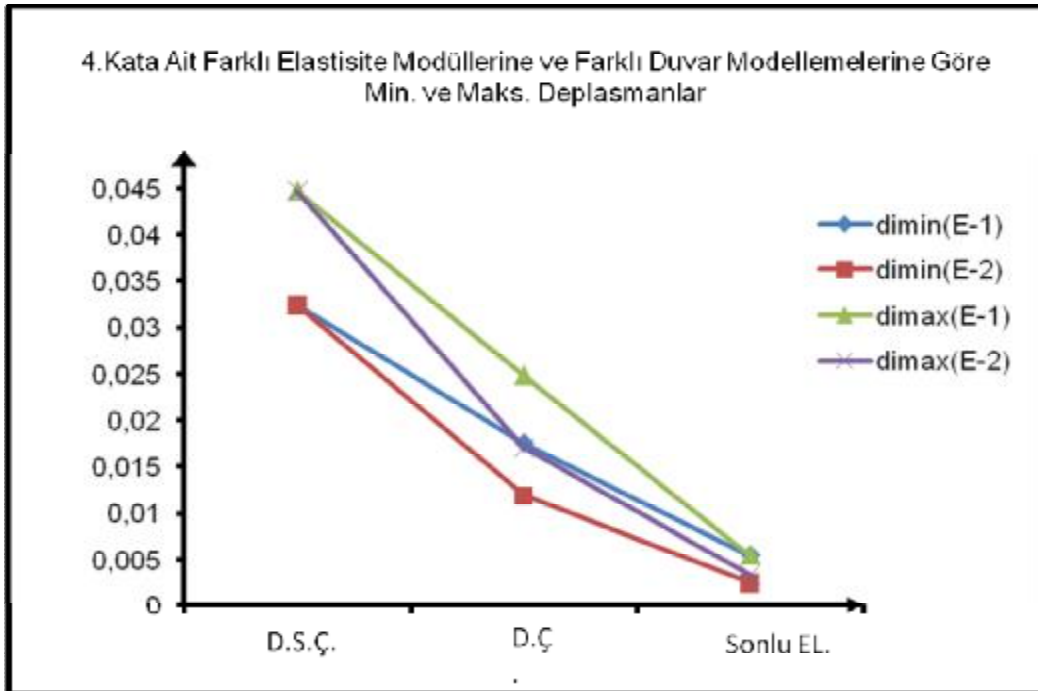
Çerçeve Sistemleri	4.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DŞÇ	0.0325	0.0448	0.0325	0.0448
DÇ	0.0176	0.0249	0.0120	0,0171
Sonlu EL.	0.0055	0.0055	0.0025	0.0033

Çizelge 5.52. 5 katlı Binanın 5. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

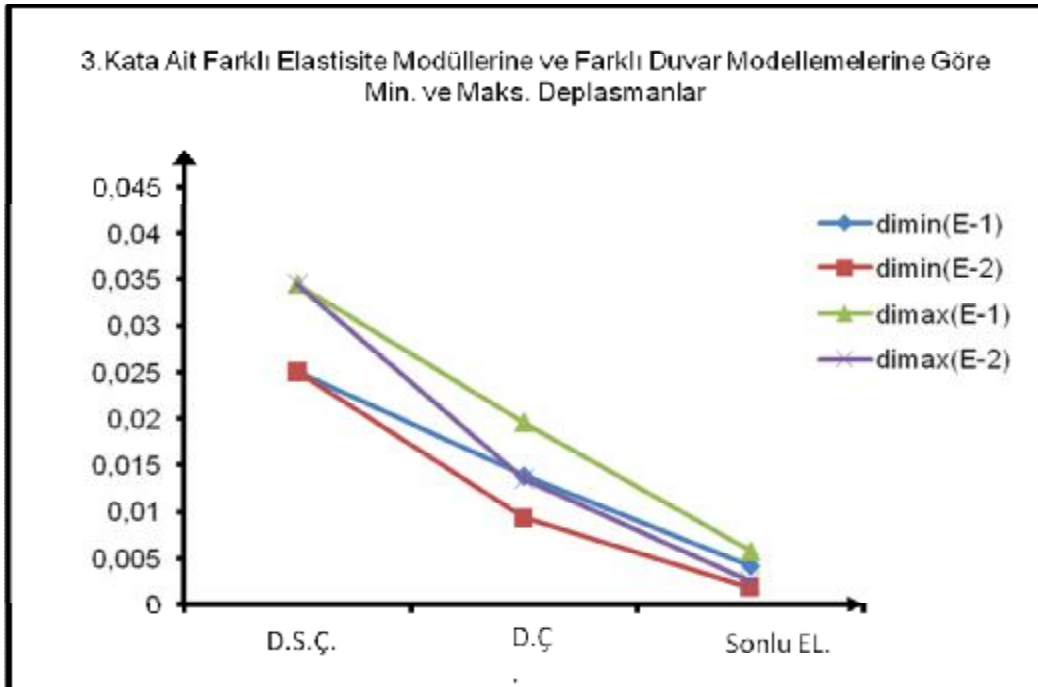
Çerçeve Sistemleri	5.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
<b>DSÇ</b>	0.0373	0.0513	0.0373	0.0513
<b>DÇ</b>	0.0201	0.0282	0.0138	0,0195
<b>Sonlu EL.</b>	0.0064	0.0087	0.0030	0.0039



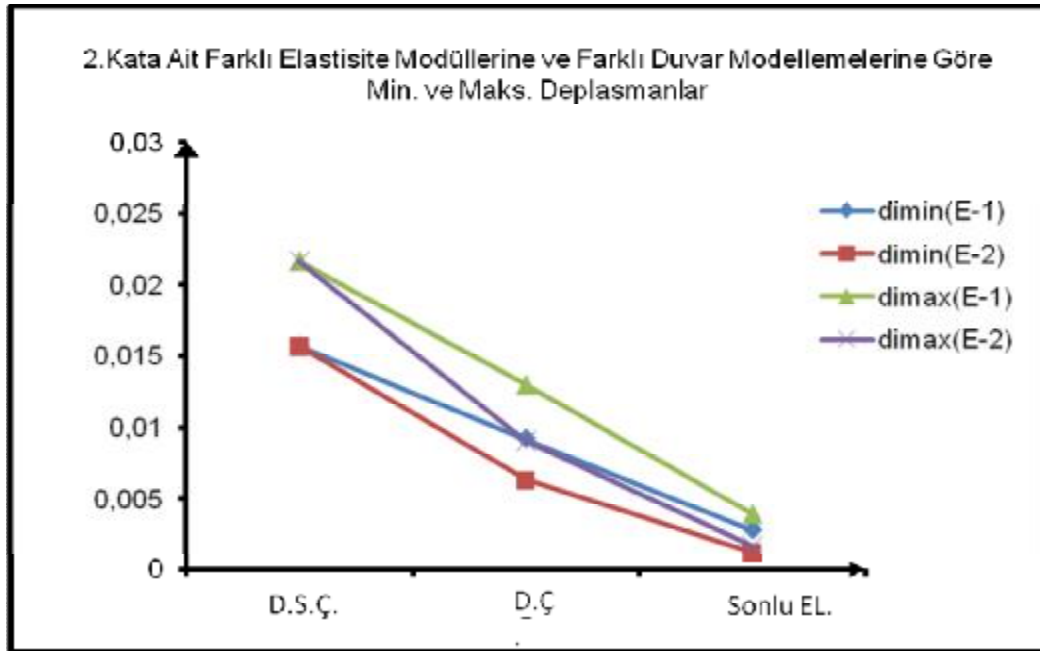
Şekil 5.27. 5 Katlı Binanın 5.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



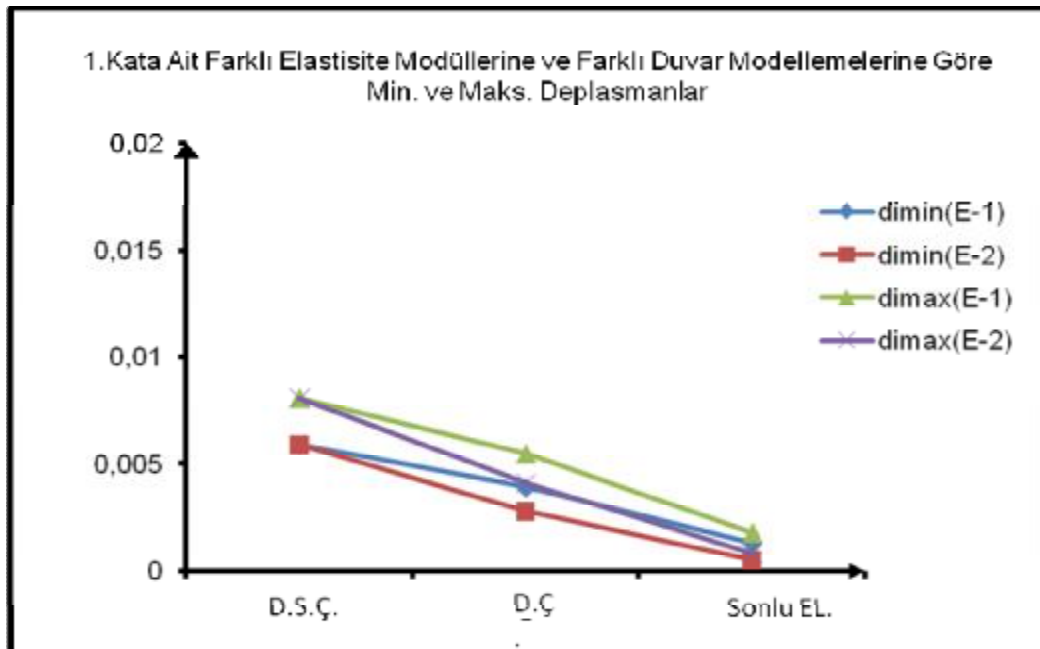
Şekil 5.28. 5 Katlı Binanın 4.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.29. 5 Katlı Binanın 3.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.30. 5 Katlı Binanın 2.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.31. 5 Katlı Binanın 1.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Şekil 5.27, Şekil 5.28, Şekil 5.29, Şekil 5.30, Şekil 5.31’de görüldüğü gibi boş çerçeve, duvarlı çerçeve ve sonlu elemanlar metoduyla duvar modellemesinde alınan farklı elastisite modülüne göre elde edilen kat deplasman değerlerinin min. ve maks. değerleri, elastisite modülü arttıkça ve alt katlara doğru azalmakta, bu değer düşüşünde en açık sonlu elemanlar metoduyla bulunan deplasman değerlerinde görülmekteyken, ikinci sırada basınç çubuğuyla modellenen duvarlı çerçeve ve bunu takiben boş çerçeve modelinde görülmektedir.

#### 5.2.1.4.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Farklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı ( $\eta_{bi}$ ) 1.20’den küçük çıkmıştır. Hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayıları Çizelge 5.53’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.53. 5 katlı Binanın Y Yönünde Burulma Düzensizliği Katsayıları

Kat No	Burulma Katsayıları ( $\eta_{bi}$ )					
	E-1 (1000) MPa			E-2 (2850) MPa		
	DSÇ	DÇ	Sonlu EL.	DSÇ	DÇ	Sonlu EL.
5	1,154	1,155	1,121	1,154	1,143	1,096
4	1,156	1,163	1,139	1,156	1,159	1,115
3	1,157	1,169	1,150	1,157	1,169	1,129
2	1,159	1,173	1,161	1,159	1,179	1,144
1	1,158	1,176	1,172	1,158	1,188	1,164

**5.2.1.4.(5). Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü**

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan B2-Yumuşak Kat Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Rijitlik Düzensizlik Katsayısı ( $\eta_{ki}$ ) 2'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.54. 5 katlı Binanın Y Yönünde Burulma Katsayıları

Kat No	Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları( $h_{ki}$ )					
	E-1 (1000) MPa			E-2 (2850) MPa		
	DSÇ	DÇ	Sonlu EL.	DSÇ	DÇ	Sonlu EL.
5	0,64	0,65	0,74	0,64	0,68	0,80
4	0,79	0,78	0,85	0,79	0,81	0,90
3	0,96	0,89	0,95	0,96	0,90	1,00
2	0,26	1,36	1,17	0,26	1,23	1,20
1	-	-	-	-	-	-

**5.2.1.4.(6). Binanın Göreli Kat Ötelemesi**

Farklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu göreli kat ötelemeleri hesaplanmıştır.

Çizelge 5.55. 5 katlı Binanın Y Yönünde Göreli Kat Ötelenmesi Kontrolü

Kat No	Görelî Kat Ötelenmesi Katsayıları( $(\delta_i)_{max}/h_i$ )					
	E-1 (1000) MPa			E-2 (2850) MPa		
	DSÇ	DÇ	Sonlu EL.	DSÇ	DÇ	Sonlu EL.
5	0,01331	0,00680	0,00251	0,01331	0,005	0,001
4	0,02069	0,01050	0,00340	0,02069	0,007	0,002
3	0,02629	0,01339	0,00400	0,02629	0,009	0,002
2	0,02751	0,01504	0,00423	0,02751	0,010	0,002
1	0,01645	0,01104	0,00360	0,01645	0,008	0,002

**5.2.1.4.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü**

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri göz önüne alınarak, İkinci Mertebe Gösterge Değeri ( $\theta_i$ ) çerçeve modelleri için hesaplanmıştır. Bu değerler 0.12'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.56. 5 katlı Bina'nın Y Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü

Kat No	İkinci Mertebe Değeri ( $\theta_i$ )					
	E-1 (1000) MPa			E-2 (2850) MPa		
	DSÇ	DÇ	Sonlu EL.	DSÇ	DÇ	Sonlu EL.
5	0,0135	0,0047	0,0014	0,0135	0,0026	0,0007
4	0,0245	0,0084	0,0022	0,0245	0,0045	0,0011
3	0,0356	0,0123	0,0030	0,0356	0,0064	0,0014
2	0,0429	0,0158	0,0036	0,0429	0,0082	0,0016
1	0,0508	0,0136	0,0036	0,0508	0,0078	0,0015

### 5.2.2. Uygulama 8

#### Analiz İçin Kullanılan Yapının Özellikleri

Bu örnekte toplam kat yüksekliği ( $H_N$ ) 30 m olan, süneklik düzeyi yüksek, düzenli bir yapının deprem analizi eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapılmıştır.

#### Veriler:

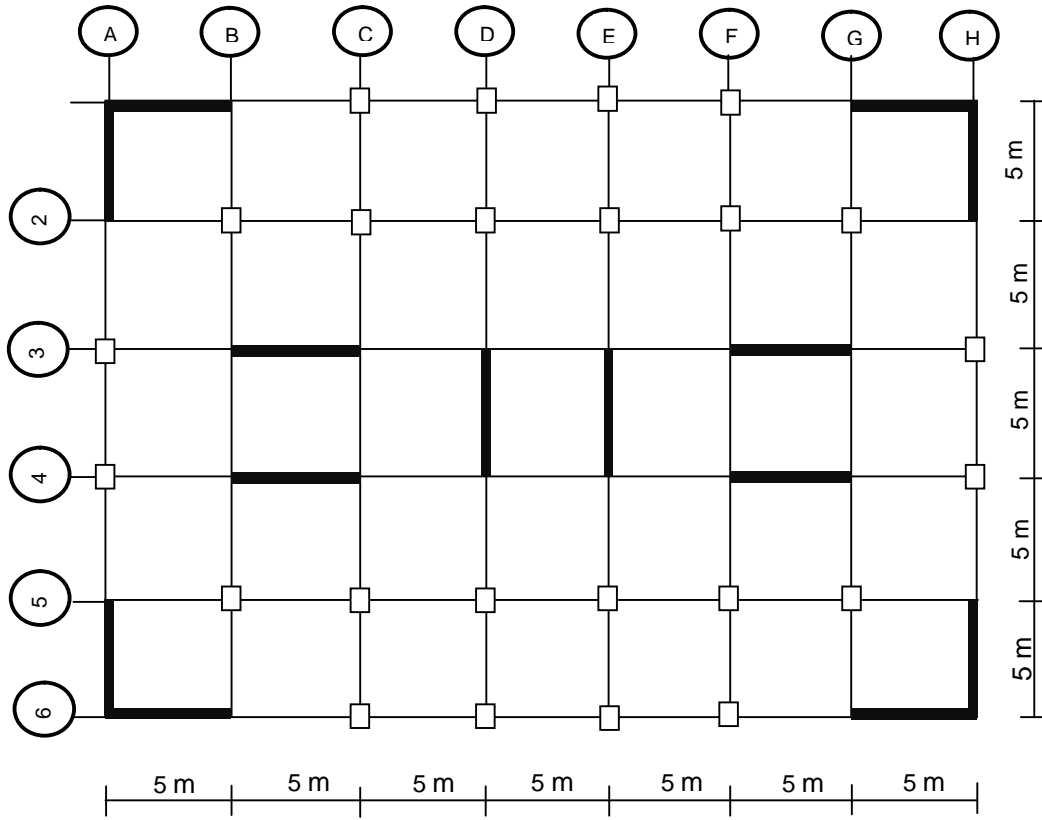
Döşeme	:12 cm
Dış Duvar Kalınlığı (Tuğla )	:10 cm
Kiriş Boyutları	:25 x 45 cm
Kolon Boyutları	:40 x 40 cm
Beton Sınıfı	:C20
Betonun Elastisite Modülü( $E_c$ )	:28500 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü (Ed-1)	:1000 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü (Ed-2)	:2850 MPa

#### Bina Bilgileri:

Kat Sayısı	:10
Bodrum Kat Sayısı	:-
Taşıyıcı Sistem Türü	:B.A Çerçeve
Kat Yükseklikleri	:3 m

#### Deprem Bilgileri:

Deprem Bölgesi	:1
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	:0.4
Yerel Zemin Sınıfı	:Z3
Spektrum Karakteristik Periyodları	: $T_A=0.15$ sn $T_B=0.60$ sn



Şekil 5.32. Bina Kat Planı

Şekil 5.32’de kalıp planı verilen binanın analizi yapılırken 3 şekilde çözülmüştür. İlk analizde yapı duvarı ağırlık olarak ele alınırken sistemde duvar yerleştirilmemiş, kalan diğer iki çözümde ise duvar hem ağırlık hemde model olarak yansıtılmıştır. Böylece perde duvarlı ve perde duvarsız analizler yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

### 5.2.2.1. Binanın Kat Ağırlıkları

Kat ağırlıkları hesaplanırken, döşeme için (döşeme + tesviye + kaplama + sıva)’dan oluşan sabit yük  $4.84 \text{ kN/m}^2$  olarak hesaplanmış ve hareketli yük normal katlarda  $2 \text{ kN/m}^2$ , çatı katında  $1.5 \text{ kN/m}^2$  olarak alınmıştır. Kiriş ve kolon ağırlıklarının hesaplanmasında tasarım yükü olarak  $25 \text{ kN/m}^3$ , duvar ağırlıklarının

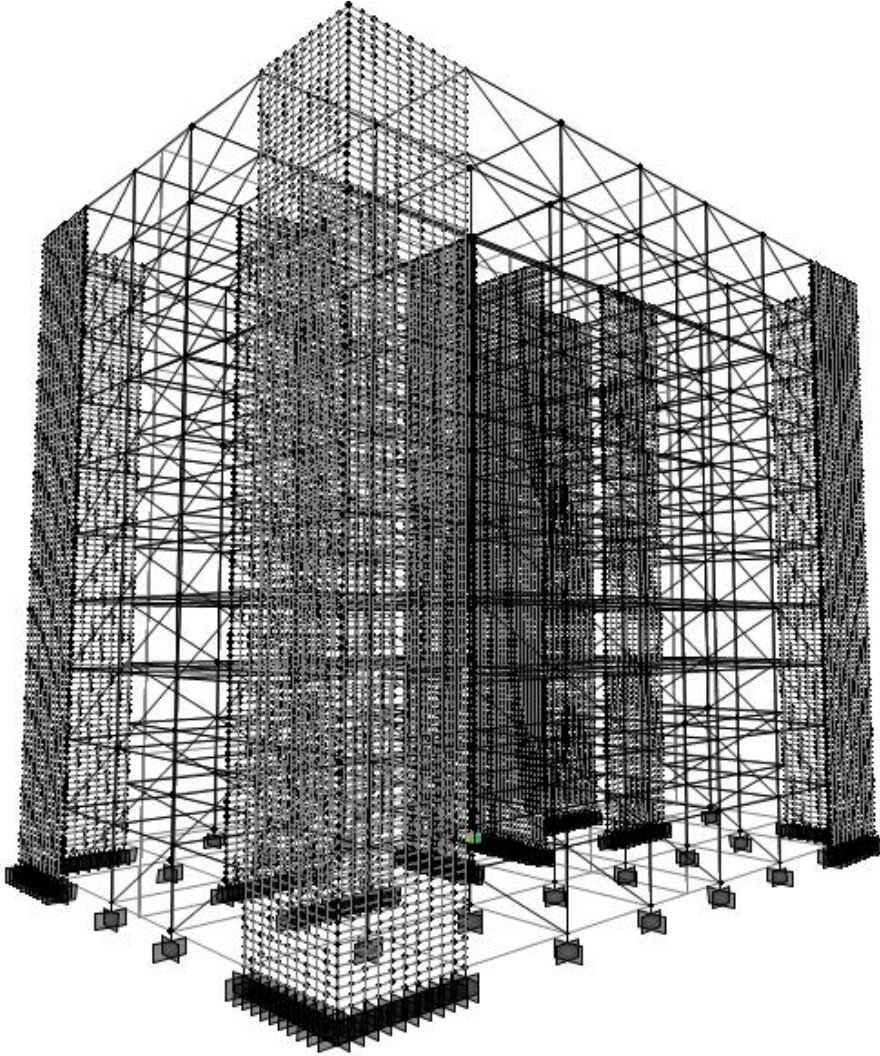
hesaplanmasında boşluklu tuğla duvar için tasarım yükü  $4,84 \text{ kN/m}^2$  alınmıştır. Duvarın iç ve dış sıvası 1 cm kabul edilmiş ve kullanılan sıvanın tasarım yükü  $20 \text{ kN/m}^3$  olarak alınmıştır. Bu değerler kullanılarak her katın ağırlığı hesaplanmış ve Çizelge 5.57’de gösterilmiştir. Normal kat ağırlıkları N, çatı kat ağırlıkları ise Ç olarak adlandırılmıştır. Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı W ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.57. 10 Katlı Binanın Kat Ağırlıkları

Elastisite Modülü(Duvar) (MPa)	Kat	W <sub>i</sub> (t)		
		DSÇ	DÇ	Sonlu EL.
		1	2	3
E-1 (1000) MPa	N	770,825	770,825	770,825
	Ç	757,700	757,700	757,700
	W	7695,125	7695,125	7695,125
E-2 (2850) MPa	N	770,825	770,825	770,825
	Ç	757,700	757,700	757,700
	W	7695,125	7695,125	7695,125

Çizelge 5.58. Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları (w)

w(m)	
Tuğla Duvar Kalınlıkları	
L(m)	10'luk
5(E-1)	0.81
5(E-2)	0.77



Şekil 5.33. Binanın SAP2000N 3 Boyutlu Görünümü

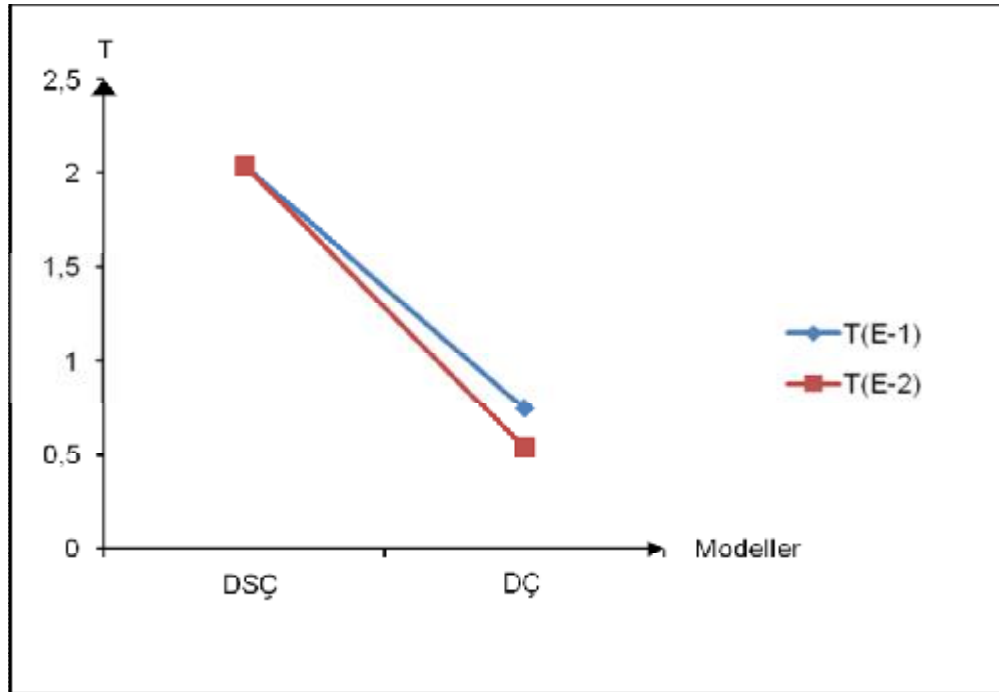
### 5.2.2.2 Beş katlı yapının X Yönünde Deprem Analizi

#### 5.2.2.2.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu

10 katlı yapının x yönündeki birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh oranı ile hesaplanmıştır. Periyod değerleri Çizelge 5.59’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.59. 10 katlı Binanın X Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Periyod Değerleri

Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	Periyod (sn)	
	DŞÇ	DÇ
	1	2
E-1 (1000) MPa	2,04	0.75
E-2 (2850) MPa	2,04	0.54



Şekil 5.34. 10 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

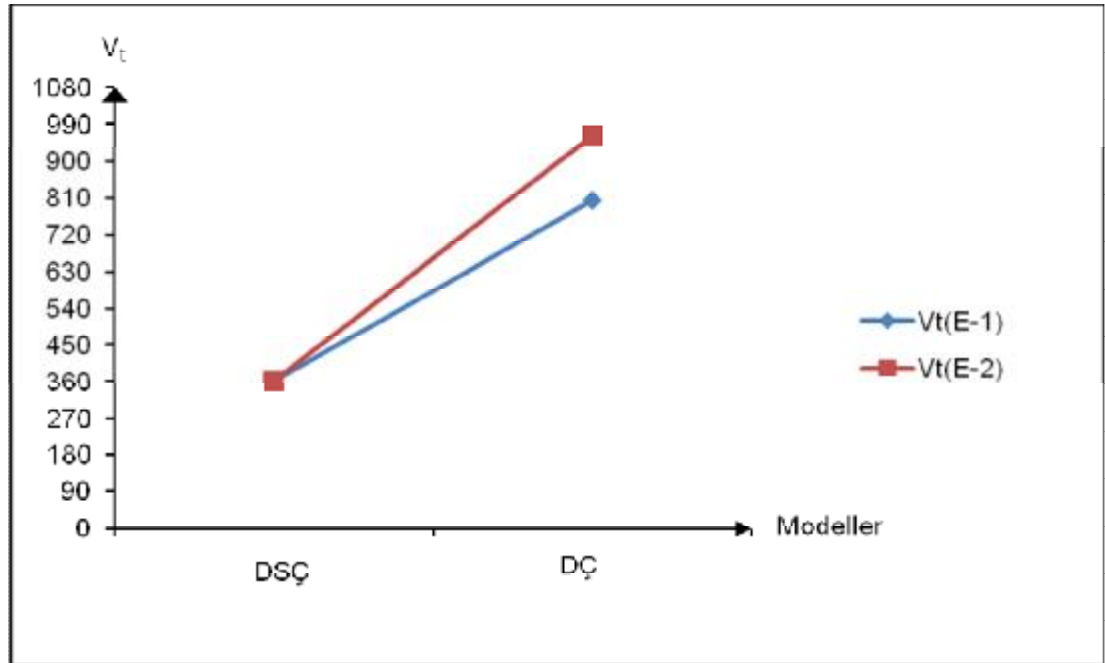
Şekil 5.34 de görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde boş çerçeveye göre , basınç çubuğu metoduna göre bulunan periyot değerlerinin duvarın elastisite modül değerinin artışına ters olarak azalma eğiliminde değer aldığı görülmüştür.

### 5.2.2.2.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yükü Hesabı

10 katlı yapının x yönündeki toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti) ( $V_t$ ) hesaplanarak Çizelge 5.60'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.60. 10 katlı Binanın X Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri

Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	$V_t$ (t)	
	DŞÇ	DÇ
	1	2
E-1 (1000) MPa	361.731	804.069
E-2 (2850) MPa	361.731	961.891



Şekil 5.35. 10 Katlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

Şekil 5.35 de görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde genel olarak boş çerçeveye göre taban kesme kuvveti değerleri basınç çubuğu modeli artma eğilimi göstermiştir.

### 5.2.2.2.(3). Binada Deprem Yükleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri

Eşdeğer kat deprem yükleri, kat hizalarında +%5 ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınarak, kaydırılmış kat kütle merkezine etki ettirilmiştir. Yapılan analiz sonucu eksantrisiteden dolayı elde edilen deplasman değerleri her kat için çizelgelerle gösterilmiştir.

Çizelge 5.61. 10 katlı Yapının 1. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

Çerçeve Sistemleri	1.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DŞÇ	0.00585	0.00657	0.00585	0.00657
DÇ	0,00087	0,00094	0.000929	0,00101

Çizelge 5.62. 10 katlı Yapının 2. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

Çerçeve Sistemleri	2.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DŞÇ	0.01568	0.01753	0.01568	0.01753
DÇ	0,00284	0,00305	0,00296	0,00318

Çizelge 5.63. 10 katlı Yapının 3. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

Çerçeve Sistemleri	3.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DSÇ	0.02589	0.02889	0.02589	0.02889
DÇ	0,00566	0,00606	0,00581	0,00622

Çizelge 5.64. 10 katlı Yapının 4. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

Çerçeve Sistemleri	4.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DSÇ	0.03570	0.03979	0.03570	0.03979
DÇ	0,00912	0,00976	0.00926	0,00990

Çizelge 5.65. 10 katlı Yapının 5. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

Çerçeve Sistemleri	5.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DSÇ	0.04482	0.04993	0.04482	0.04993
DÇ	0,01305	0,01397	0,01312	0,01401

Çizelge 5.66. 10 katlı Yapının 6. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

Çerçeve Sistemleri	6.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>
	(m)		(m)	
DSÇ	0.05304	0.05907	0.05304	0.05907
DÇ	0,017298	0,018503	0,017227	0,018396

Çizelge 5.67. 10 katlı Yapının 7. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	7.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>
	(m)		(m)	
DSÇ	0.06017	0.06699	0.06017	0.06699
DÇ	0,02173	0,02324	0,021457	0,022908

Çizelge 5.68. 10 katlı Yapının 8. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

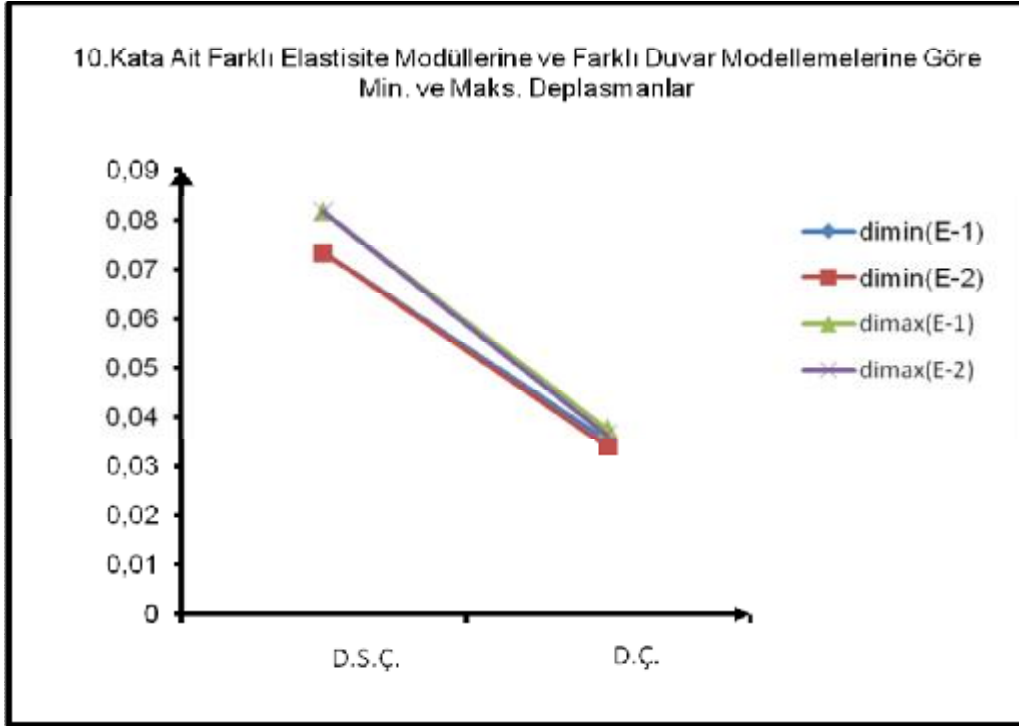
Çerçeve Sistemleri	8.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>
	(m)		(m)	
DSÇ	0.06603	0.07351	0.06603	0.07351
DÇ	0,02624	0,028055	0,025709	0,027442

Çizelge 5.69. 10 katlı Yapının 9. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

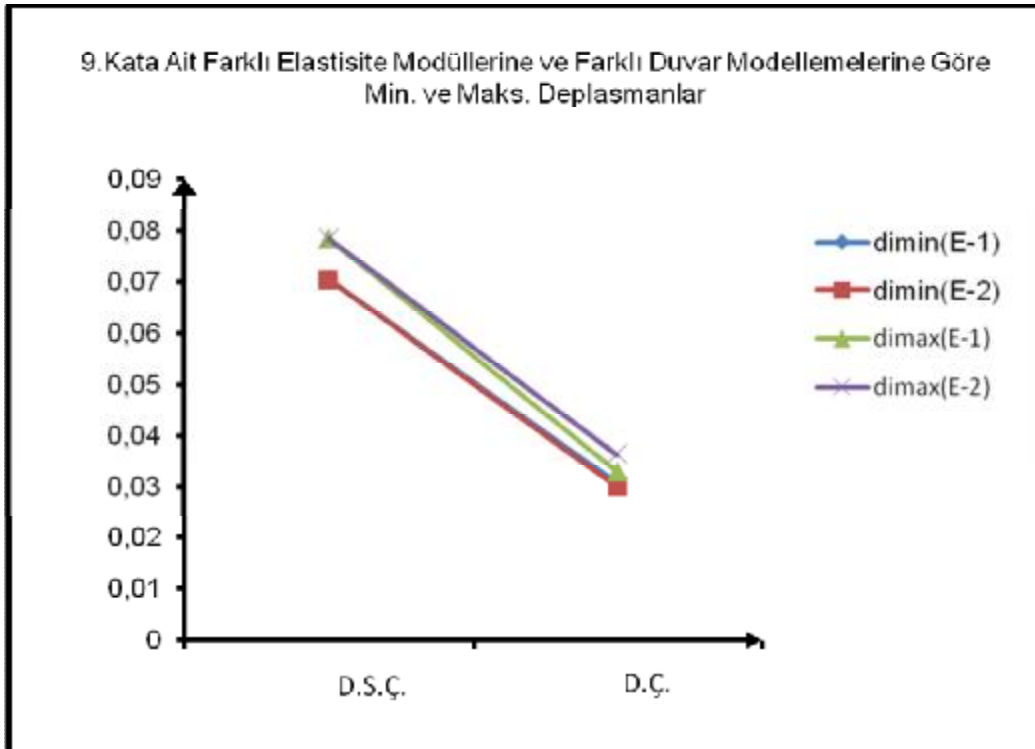
Çerçeve Sistemleri	9.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>
	(m)		(m)	
DSÇ	0.07045	0.07842	0.07045	0.07842
DÇ	0,030751	0,032875	0,02992	0,031929

Çizelge 5.70. 10 katlı Yapının 10. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

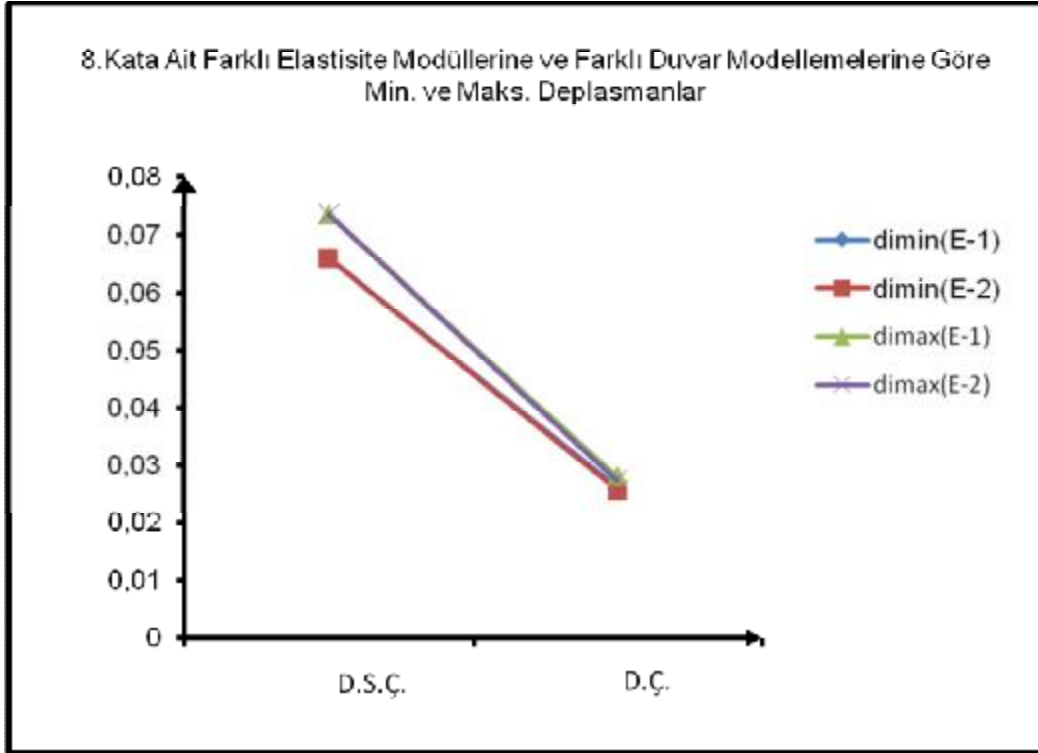
Çerçeve Sistemleri	10.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>
	(m)		(m)	
DSÇ	0.07339	0.08168	0.07339	0.08168
DÇ	0,035217	0,037644	0,034055	0,036335



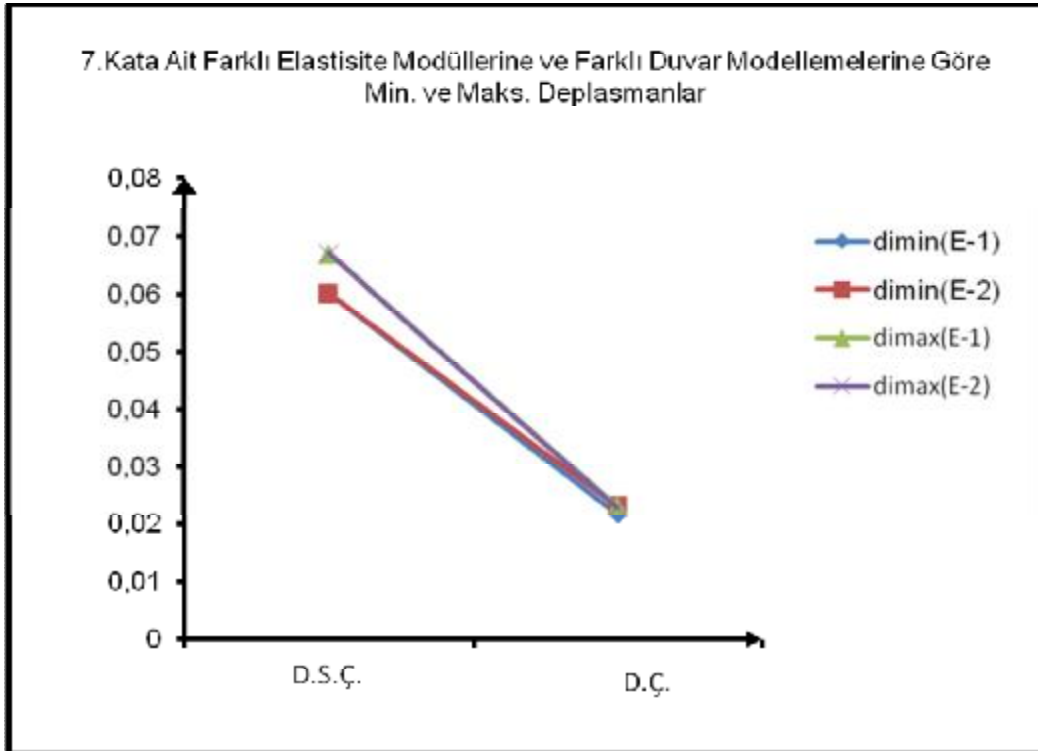
Şekil 5.36. 10 Katlı Binanın 10. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



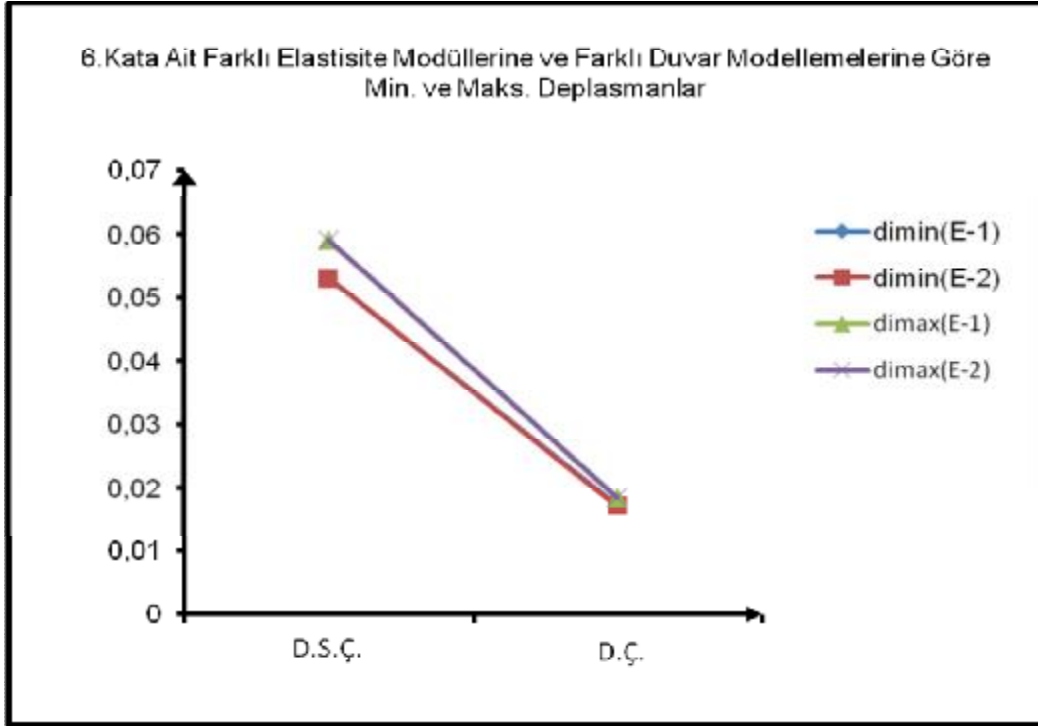
Şekil 5.37. 10 Katlı Binanın 9. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



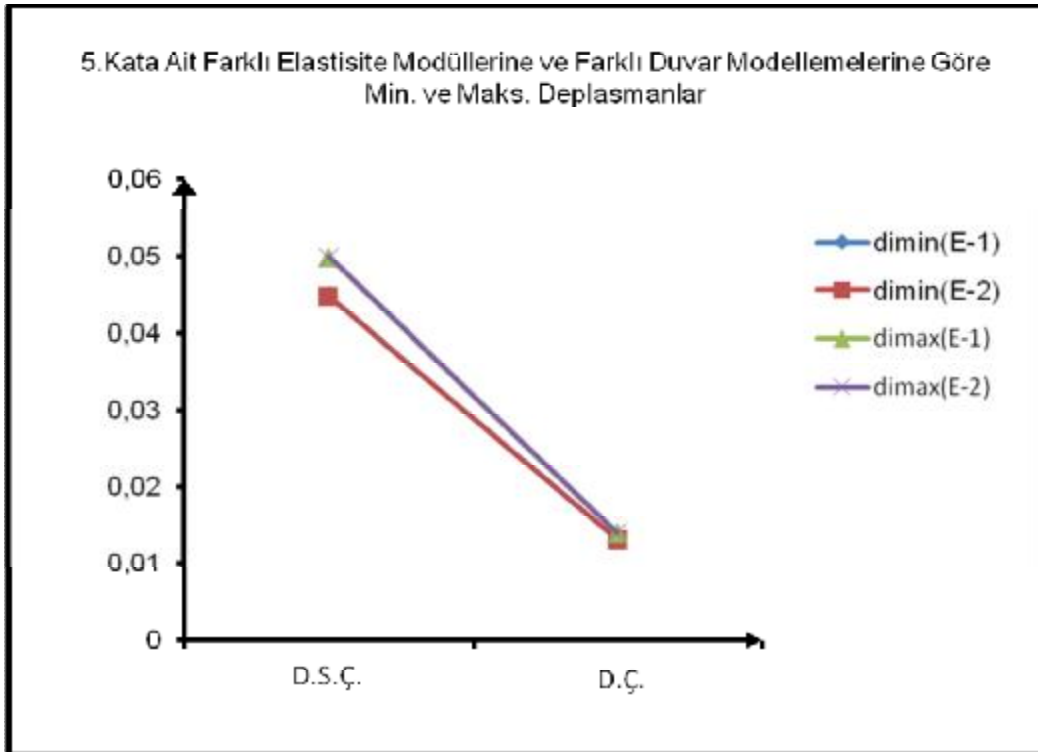
Şekil 5.38. 10 Katlı Binanın 8. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



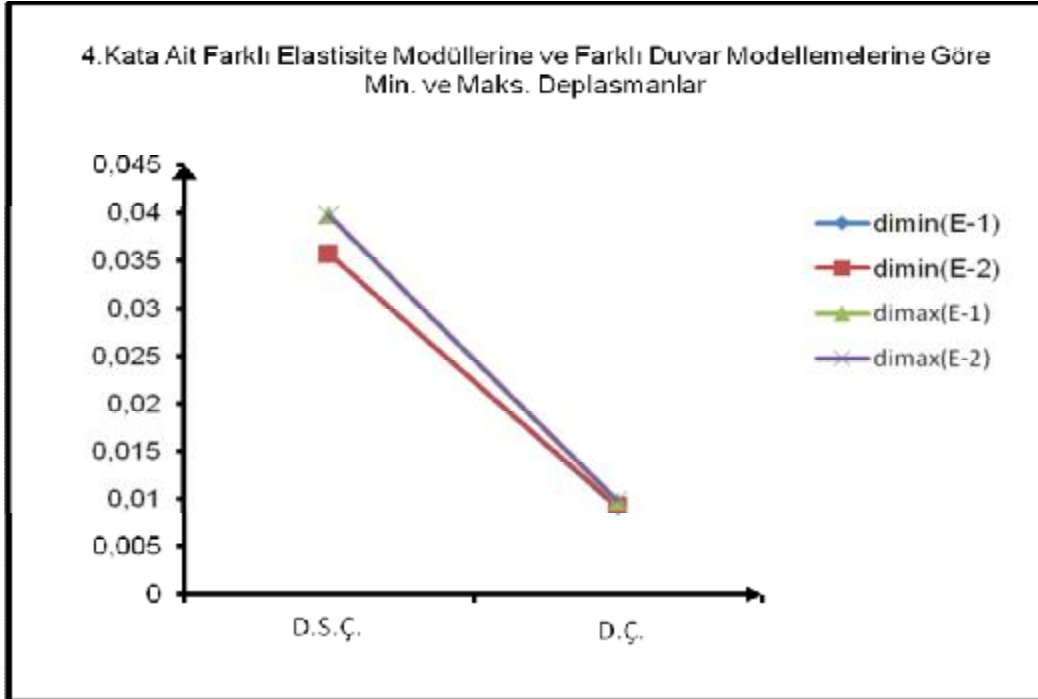
Şekil 5.39. 10 Katlı Binanın 7. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



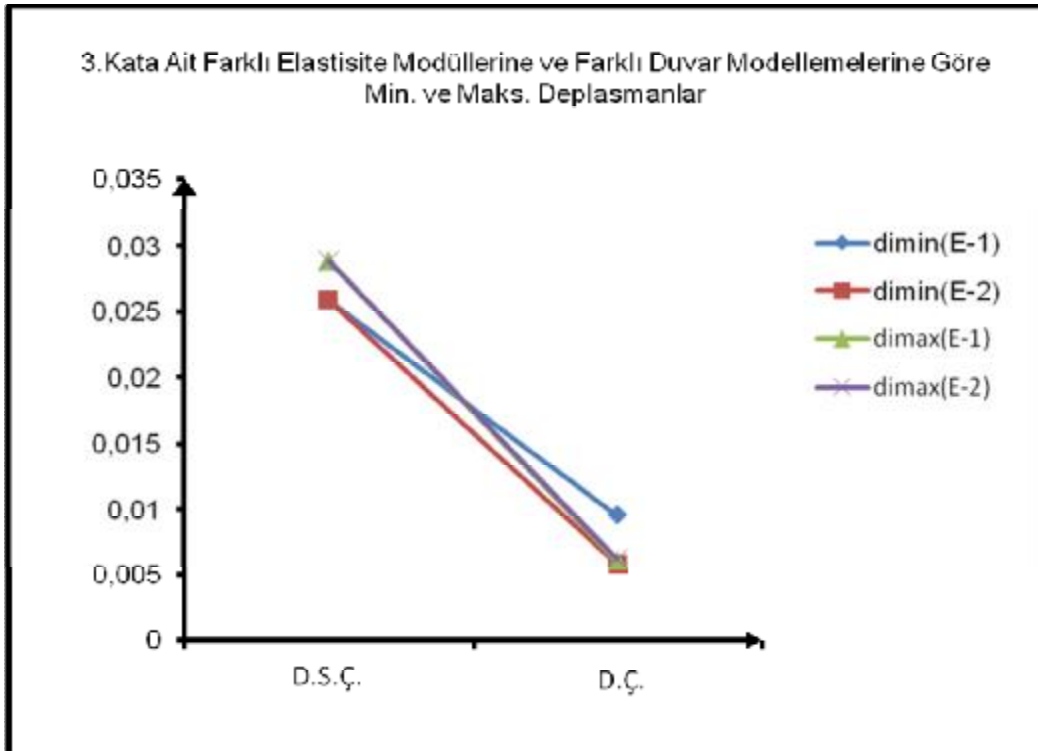
Şekil 5.40. 10 Katlı Binanın 6. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



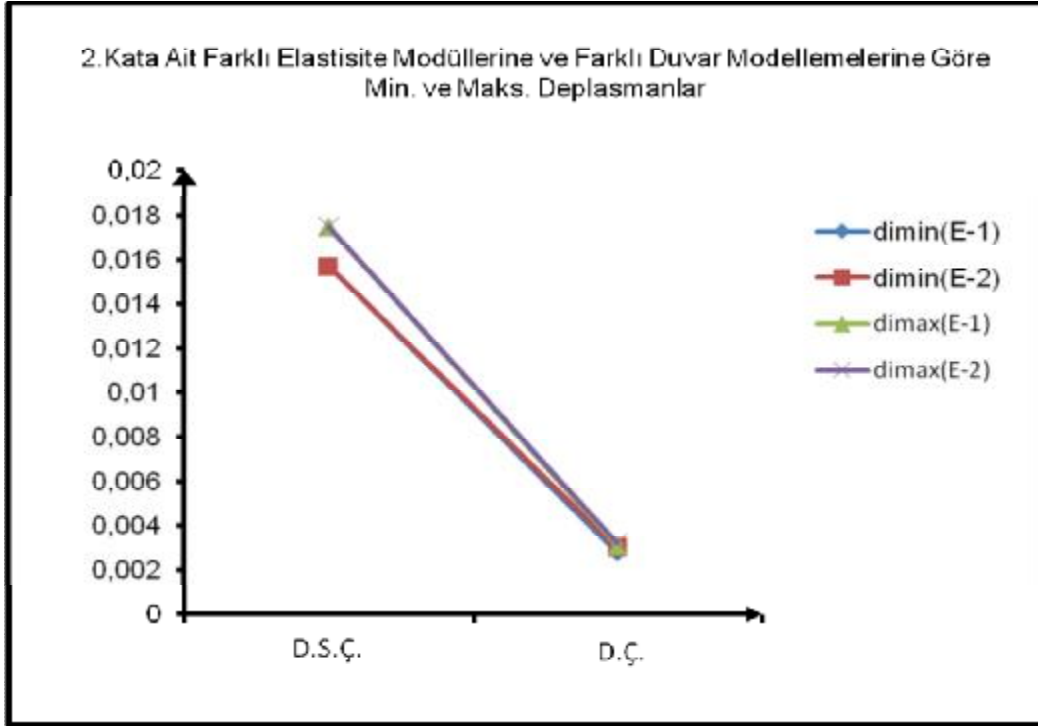
Şekil 5.41. 10 Katlı Binanın 5. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



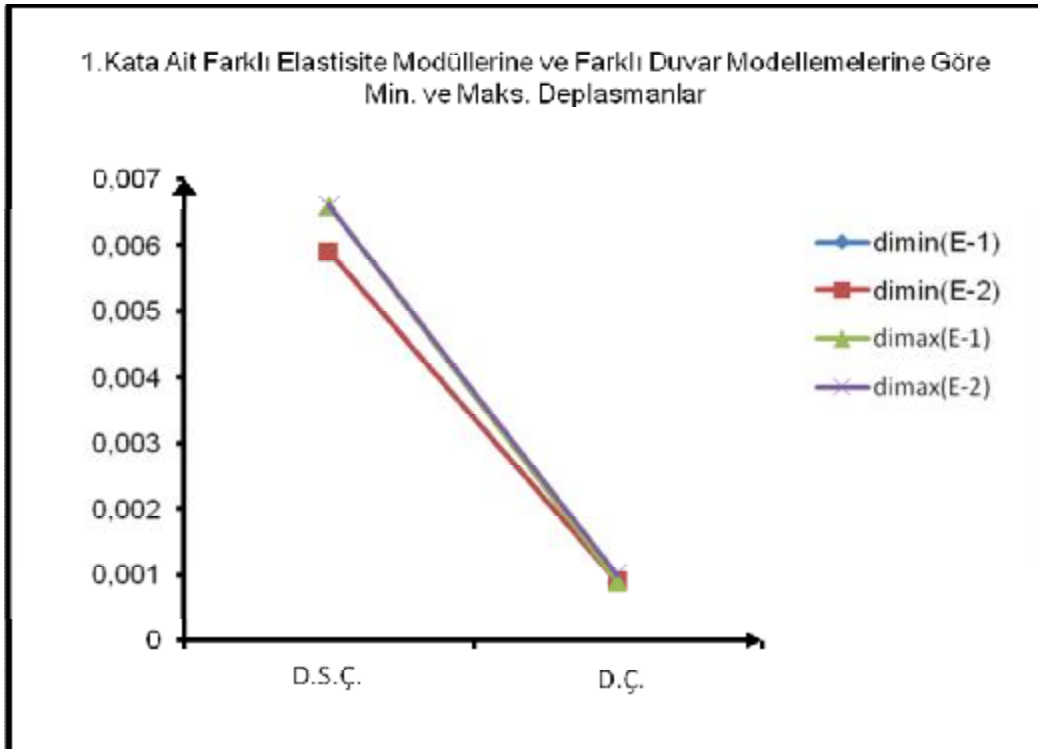
Şekil 5.42. 10 Katlı Binanın 4. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.43. 10 Katlı Binanın 3. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.44. 10 Katlı Binanın 2. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.45. 10 Katlı Binanın 1. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Şekil 5.36-Şekil 5.45 de görüldüğü gibi boş çerçeve, duvarlı çerçeve duvar modellemesinde alınan farklı elastisite modülüne göre elde edilen kat deplasman değerlerinin min. ve maks. değerleri, elastisite modülü arttıkça ve alt katlara doğru azalmakta, bu değer düşüşüde boş çerçeveye karşılaştırıldığında, basınç çubuğu yöntemiyle çözülen duvarlı çerçeve modelinde görülmüştür.

#### 5.2.2.2.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Farklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı ( $\eta_{bi}$ ) 1.20'den küçük çıkmıştır. Hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayıları Çizelge 5.71'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.71. 10 katlı Yapının X Yönünde Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	Burulma Katsayıları( $h_{bi}$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DSÇ	DÇ	DSÇ	DÇ
10	1,051613	1,032810	1,051613	1,031729
9	1,052519	1,032894	1,052519	1,031731
8	1,053312	1,033130	1,053312	1,032097
7	1,052492	1,033061	1,052492	1,032258
6	1,052995	1,032897	1,052995	1,032030
5	1,052960	1,033186	1,052960	1,032104
4	1,052632	1,034521	1,052632	1,032267
3	1,053315	1,032026	1,053315	1,032751
2	1,092177	1,052947	1,092177	1,052836
1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

**5.2.2.2.(5). Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü**

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan B2-Yumuşak Kat Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Rijitlik Düzensizlik Katsayısı ( $\eta_{ki}$ ) 2'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.72. 10 katlı Yapının X Yönünde Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Kat No	Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları( $h_{ki}$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DSÇ	DÇ	DSÇ	DÇ
10	0,66	0,99	0,66	0,98
9	0,75	1,00	0,75	0,99
8	0,82	1,02	0,82	1,01
7	0,87	1,04	0,87	1,03
6	0,90	1,08	0,90	1,06
5	0,93	1,14	0,93	1,12
4	0,96	1,23	0,96	1,21
3	1,07	1,46	1,07	1,43
2	1,53	1,85	1,53	1,82
1	-	-	-	-

**5.2.2.2.(6). Binanın Göreli Kat Ötelemesi**

Farklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu göreli kat ötelemeleri hesaplanmıştır.

Çizelge 5.73. 10 katlı Yapının X Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü

Kat No	Görelî Kat Ötelenmesi Katsayıları(( $\delta_i$ )max/hi)			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
10	0,00824	0,012315	0,00824	0,00824
9	0,01245	0,012445	0,01245	0,01245
8	0,01651	0,012435	0,01651	0,01651
7	0,01908	0,012221	0,01908	0,01708
6	0,01912	0,011712	0,01912	0,01612
5	0,01968	0,010848	0,01968	0,01568
4	0,01963	0,009552	0,01963	0,01763
3	0,01875	0,007773	0,01875	0,01875
2	0,01771	0,005435	0,01771	0,01771
1	0,01656	0,002413	0,01656	0,01656

#### 5.2.2.2.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri göz önüne alınarak, İkinci Mertebe Gösterge Değeri ( $\theta_i$ ) çerçeve modelleri için hesaplanmıştır. Bu değerler 0.12'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.74. 10 katlı Yapının X Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü

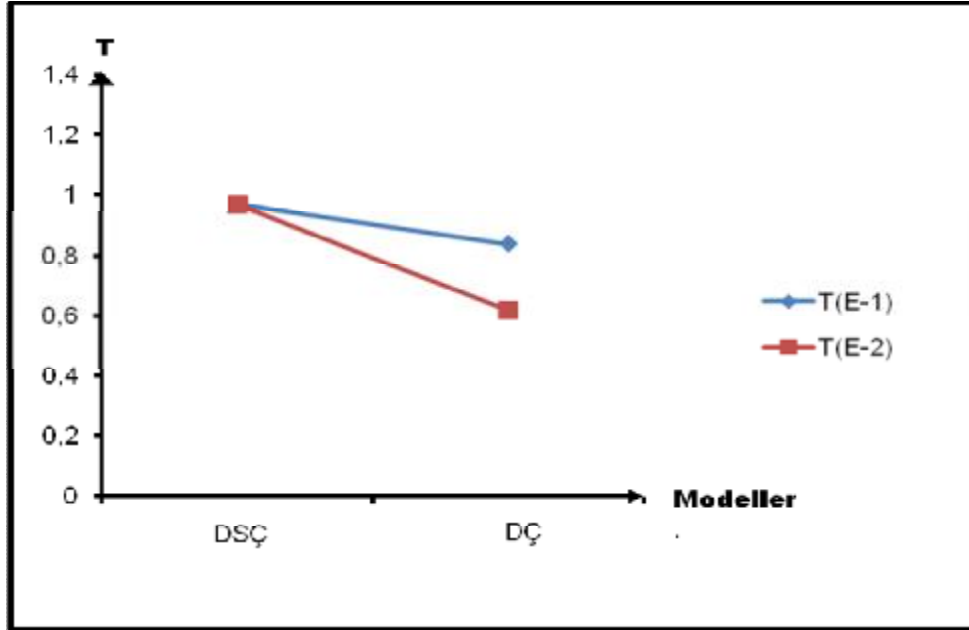
Kat No	İkinci Mertebe Değeri ( $\theta_i$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
10	0,0083	0,0060	0,0083	0,0047
9	0,0155	0,0075	0,0155	0,0059
8	0,0231	0,0084	0,0231	0,0066
7	0,0306	0,0090	0,0306	0,0072
6	0,0382	0,0094	0,0382	0,0076
5	0,0457	0,0094	0,0457	0,0077
4	0,0530	0,0089	0,0530	0,0074
3	0,0598	0,0078	0,0598	0,0066
2	0,0604	0,0058	0,0604	0,0050
1	0,0432	0,0030	0,0432	0,0027

**5.2.2.3. On Katlı Yapının Y Yönünde Deprem Analizi****5.2.2.3.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu**

10 katlı yapının y yönündeki birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh oranı ile hesaplanmıştır. Periyod değerleri Çizelge 5.75’de gösterilmiştir. Y yönündeki hesap detayları periyot, taban kesme kuvveti ve düzensizlikler bakımından gösterilmiş deplasman çizelgeleri burada gösterilmemiştir.

Çizelge 5.75. 10 katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Değerlerine Göre Periyod Değerleri

Kolon Boyutları	Periyod (sn)	
	DSÇ	DÇ
	1	2
E-1 (1000) MPa	0.97	0.84
E-2 (2850) MPa	0.97	0.62



Şekil 5.46. 10 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

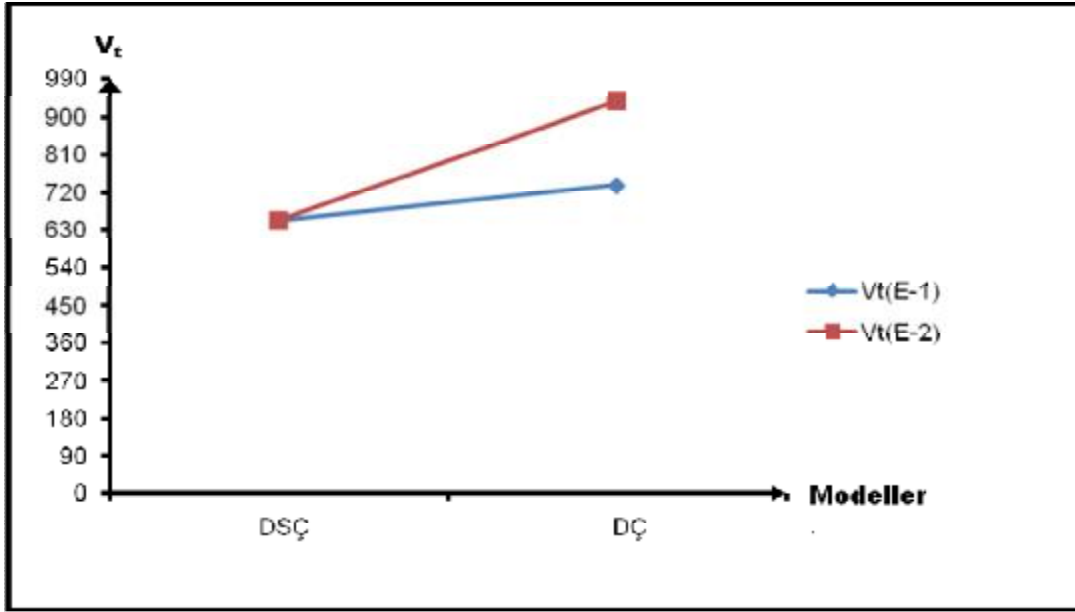
Şekil 5.46 da görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde boş çerçeveye göre , basınç çubuğu metoduna göre bulunan periyot değerlerinin duvarın elastisite modülü değerinin artışına ters olarak azalma eğiliminde değer aldığı görülmüştür.

### 5.2.2.3.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı

10 katlı yapının y yönündeki toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti) ( $V_t$ ) hesaplanarak Çizelge 5.76'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.76. 10 katlı Yapının Y Yönünde Farklı Elastisite Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri

Kolon Boyutları	$V_t$ (t)	
	DSÇ	DÇ
	1	2
E-1 (1000) MPa	652.94	737.04
E-2 (2850) MPa	652.94	937.70



Şekil 5.47. 10 Katlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Değerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

Şekil 5.47 de görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde boş çerçeveye göre taban kesme kuvveti değerleri basınç çubuğu modelinde artma eğilimi göstermiştir.

### 5.2.2.3.(3). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Farklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı ( $\eta_{bi}$ ) 1.20'den küçük çıkmıştır. Hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayıları Çizelge 5.77'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.77. 10 Katlı Yapının Y Yönünde Burulma Katsayıları

Kat No	Burulma Katsayıları( $h_{bi}$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DSÇ	DÇ	DSÇ	DÇ
10	1,057057	1,056604	1,057057	1,056306
9	1,057540	1,056724	1,057540	1,056400
8	1,056943	1,056712	1,056943	1,056413
7	1,056295	1,056665	1,056295	1,069556
6	1,058065	1,056548	1,058065	0,851012
5	1,056206	1,056463	1,056206	1,056305
4	1,057564	1,056677	1,057564	1,056599
3	1,056291	1,056859	1,056291	1,057056
2	1,088539	1,090364	1,088539	1,092685
1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

#### 5.2.2.3.(4). Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan B2-Yumuşak Kat Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Rijitlik Düzensizlik Katsayısı ( $\eta_{ki}$ ) 2'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.78. 10 katlı Yapının Y Yönünde Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Kat No	Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları( $h_{ki}$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DSÇ	DÇ	DSÇ	DÇ
10	0,99	0,99	0,99	0,98
9	1,01	1,00	1,01	0,99
8	1,02	1,02	1,02	1,31
7	1,05	1,04	1,05	0,64
6	1,09	1,08	1,09	1,32
5	1,14	1,13	1,14	1,12
4	1,24	1,23	1,24	1,21
3	1,49	1,46	1,49	1,44
2	1,98,	1,95	1,98	1,94
1	-	-	-	-

**5.2.2.3.(5). Binanın Görelî Kat Ötelemesi**

Faklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu görelî kat ötelemeleri hesaplanmıştır.

Çizelge 5.79. 10 katlı Yapının Y Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü

Kat No	Görelî Kat Ötelenmesi Katsayıları(( $\delta_i$ )max/hi)			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
10	0,013333	0,013285	0,013333	0,013333
9	0,013413	0,013445	0,013413	0,013595
8	0,01336	0,013448	0,01336	0,013731
7	0,01304	0,013224	0,01304	0,013661
6	0,012373	0,012685	0,012373	0,013267
5	0,011413	0,01176	0,011413	0,012456
4	0,009947	0,010373	0,009947	0,011141
3	0,008053	0,008467	0,008053	0,009232
2	0,005579	0,00596	0,005579	0,006621
1	0,002474	0,002701	0,002474	0,003107

**5.2.2.3.(6). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü**

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri göz önüne alınarak, İkinci Mertebe Gösterge Değeri ( $\theta_i$ ) çerçeve modelleri için hesaplanmıştır. Bu değerler 0.12'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.80. 10 katlı Yapının Y Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü

Kat No	İkinci Mertebe Değeri ( $\theta$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
10	0,0074	0,0071	0,0074	0,0056
9	0,0093	0,0089	0,0093	0,0071
8	0,0103	0,0099	0,0103	0,0080
7	0,0110	0,0107	0,0110	0,0066
6	0,0113	0,0111	0,0113	0,0113
5	0,0112	0,0111	0,0112	0,0092
4	0,0106	0,0105	0,0106	0,0089
3	0,0093	0,0093	0,0093	0,0080
2	0,0068	0,0069	0,0068	0,0060
1	0,0036	0,0038	0,0036	0,0034

### 5.2.3. Uygulama 9

#### Analiz İçin Kullanılan Yapının Özellikleri

Bu örnekte toplam kat yüksekliği ( $H_N$ ) 30 m olan, süneklik düzeyi yüksek, düzenli bir yapının deprem analizi eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapılmıştır.

#### Veriler:

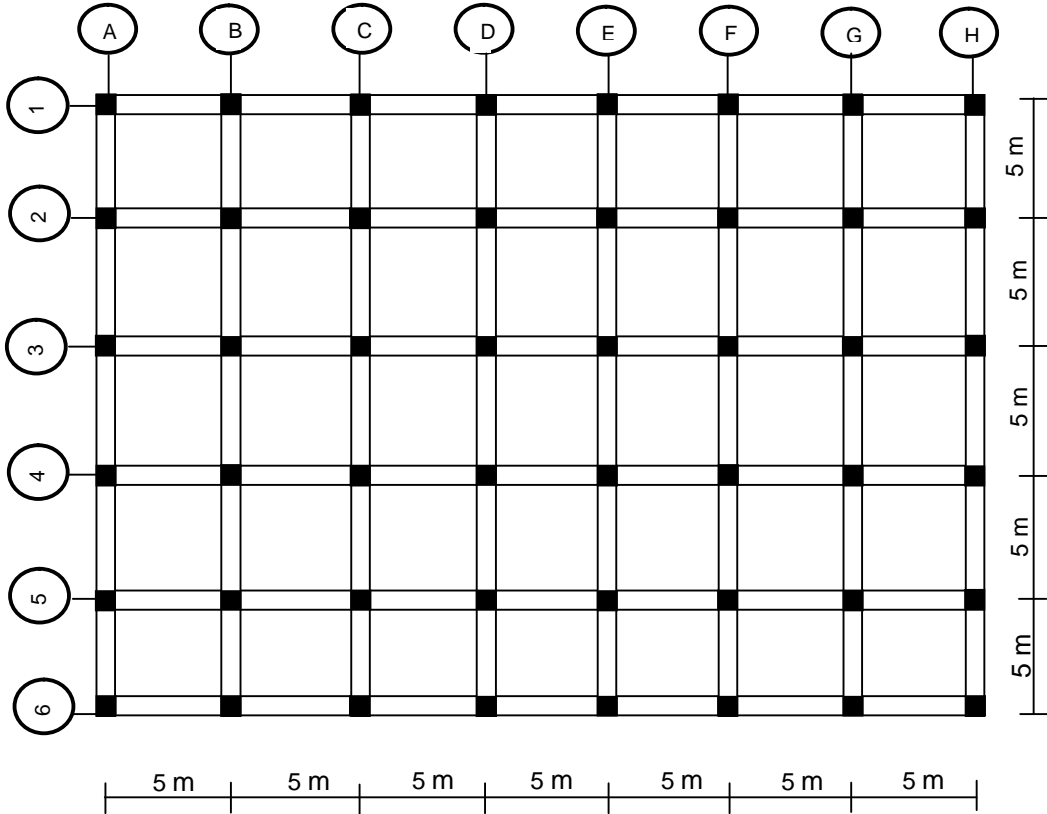
Döşeme	:12 cm
Dış Duvar Kalınlığı (Tuğla )	:10 cm
Kiriş Boyutları	:25 x 45 cm
Kolon Boyutları	:40 x 40 cm
Beton Sınıfı	:C20
Betonun Elastisite Modülü( $E_c$ )	:28500 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü (Ed-1)	:1000 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü (Ed-2)	:2850 MPa

**Bina Bilgileri:**

Kat Sayısı	:10
Bodrum Kat Sayısı	:-
Taşıyıcı Sistem Türü	:B.A Çerçeve
Kat Yükseklikleri	:3 m

**Deprem Bilgileri:**

Deprem Bölgesi	:1
Etkin Yer İvmesi Katsayısı	:0.4
Yerel Zemin Sınıfı	:Z3
Spektrum Karakteristik Periyodları	: $T_A=0.15$ sn $T_B=0.60$ sn



Şekil 5.48. Bina Kat Planı

Şekil 5.48’de kalıp planı verilen binanın analizi yapılırken 3 şekilde çözülmüştür. İlk analizde yapı duvarı ağırlık olarak ele alınırken sistemde duvar yerleştirilmemiş, kalan diğer iki çözümde ise duvar hem ağırlık hemde model olarak yansıtılmıştır. Böylece perde duvarsız analizler yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

### 5.2.3.1. Binanın Kat Ağırlıkları

Kat ağırlıkları hesaplanırken, döşeme için (döşeme + tesviye + kaplama + sıva)’dan oluşan sabit yük  $4.84 \text{ kN/m}^2$  olarak hesaplanmış ve hareketli yük normal katlarda  $2 \text{ kN/m}^2$ , çatı katında  $1.5 \text{ kN/m}^2$  olarak alınmıştır. Kiriş ve kolon ağırlıklarının hesaplanmasında tasarım yükü olarak  $25 \text{ kN/m}^3$ , duvar ağırlıklarının hesaplanmasında boşluklu tuğla duvar için tasarım yükü  $4,84 \text{ kN/m}^2$  alınmıştır. Duvarın iç ve dış sıvası 1 cm kabul edilmiş ve kullanılan sıvanın tasarım yükü  $20 \text{ kN/m}^3$  olarak alınmıştır. Bu değerler kullanılarak her katın ağırlığı hesaplanmış ve Çizelge 5.81’de gösterilmiştir. Normal kat ağırlıkları N, çatı kat ağırlıkları ise Ç olarak adlandırılmıştır. Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı W ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.81. 10 Katlı Binanın Kat Ağırlıkları

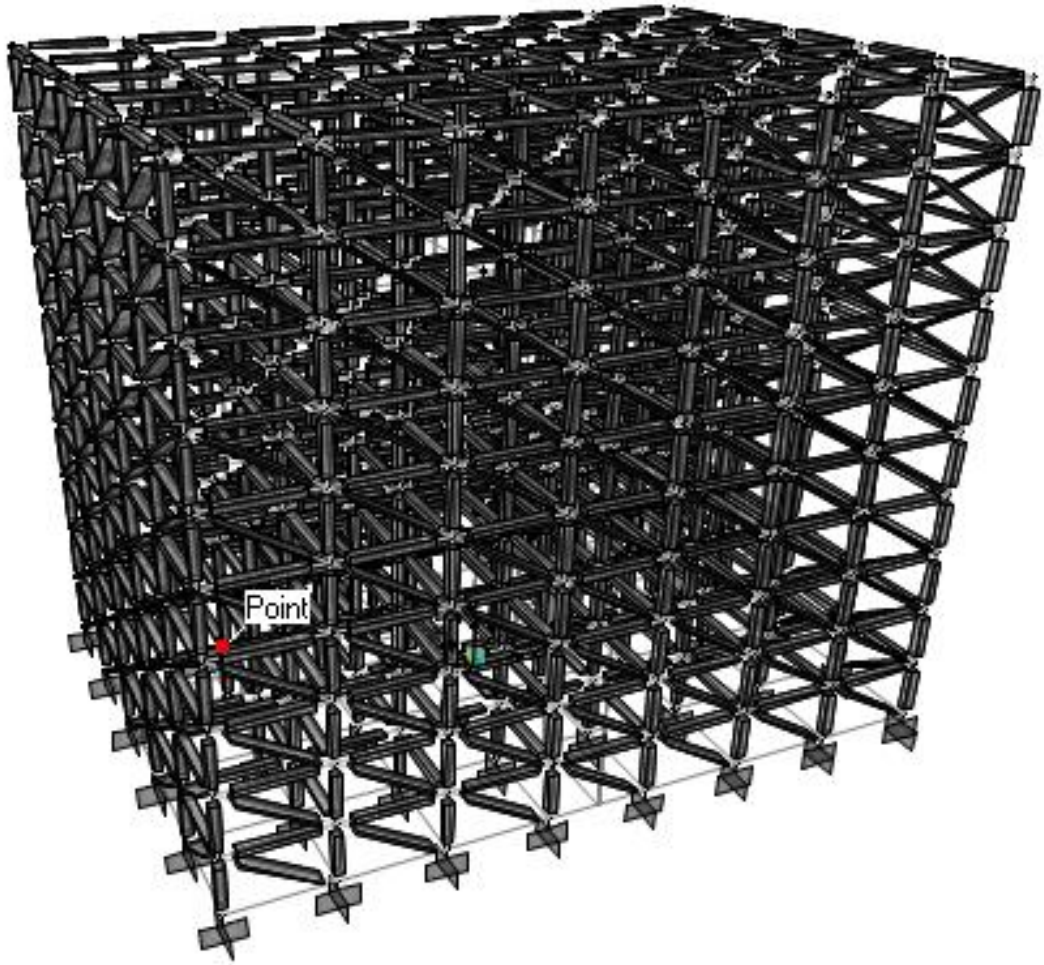
Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	Kat	$W_i(t)$	
		DŞÇ	DÇ
		1	2
E-1 (1000) MPa	N	715,510	715,510
	Ç	702,390	702,390
	W	7141,98	7141,98
E-2 (2850) MPa	N	715,510	715,510
	Ç	702,390	702,390
	W	7141,98	7141,98

**5.2.3.2. Seçilen Bina Verilerinin Programa Yansıtılması**

Tuğla duvarın binaya yapısal katkısının incelenebileceği yapının analiz sürecinde, üç boyutlu analiz programı olan SAP2000 programı kullanılmıştır. Projeye göre aks aralıkları tanımlanmış ve seçilen kesit ve malzemeye uygun kolon ve kirişler yerleştirilmiştir. Dolgu duvarı modellemek için iki ucu mafsallı eşdeğer basınç çubuğu kullanılmıştır. Açıklık mesafeleri dikkate alınarak eşdeğer sanal çubuk kalınlığı hesaplanmıştır (Çizelge 5.82). Kullanılan duvar cinsine göre kalınlık ve elastisite modülü değiştirilmiştir.

Çizelge 5.82. Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları (w)

w(m)	
Tuğla Duvar Kalınlıkları	
L(m)	10'luk
5(E-1)	0.81
5(E-2)	0.77



Şekil 5.49. Binanın 3 Boyutlu Basınç Çubuğu Modeli (SAP2000)

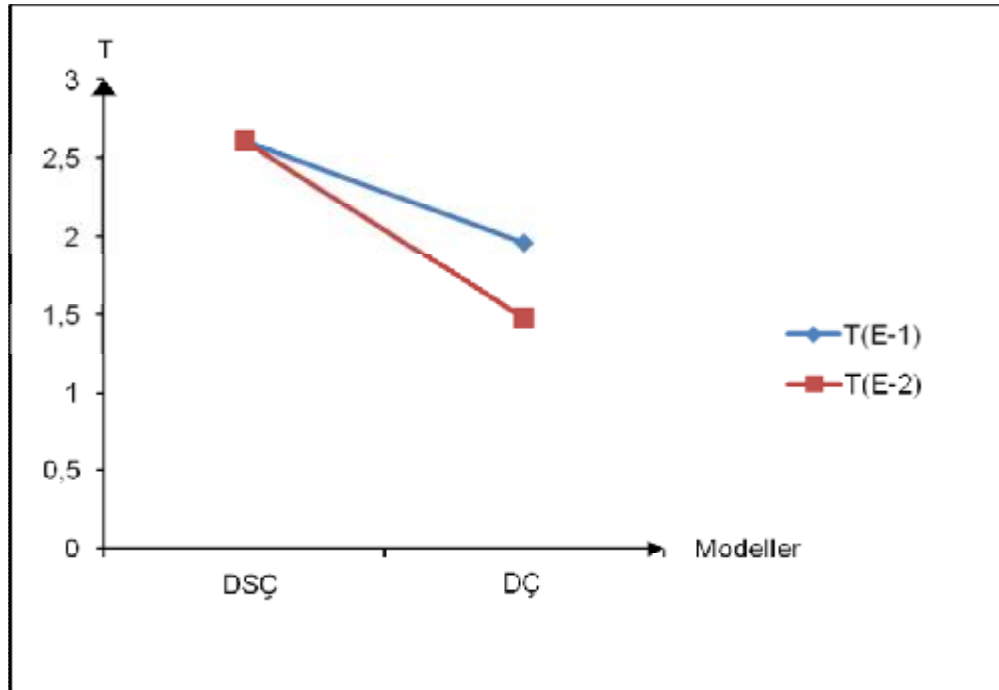
### 5.2.3.3 On Katlı Yapının X Yönünde Deprem Analizi

#### 5.2.3.3.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu

10 katlı yapının x yönündeki birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh oranı ile hesaplanmıştır. Periyod değerleri Çizelge 5.83’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.83. 10 katlı Binanın X Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Periyod Değerleri

Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	Periyod (sn)	
	DSÇ	DÇ
	1	2
E-1 (1000) MPa	2,61	1.96
E-2 (2850) MPa	2,61	1.48



Şekil 5.50. 10 Katlı Binanın Periyod Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

Şekil 5.50' de görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde boş çerçeveye karşılaştırıldığında, basınç çubuğu metoduna göre bulunan periyot değerlerinin duvarın elastisite modülü değerinin artışına ters olarak azalma eğiliminde değer aldığı görülmüştür.

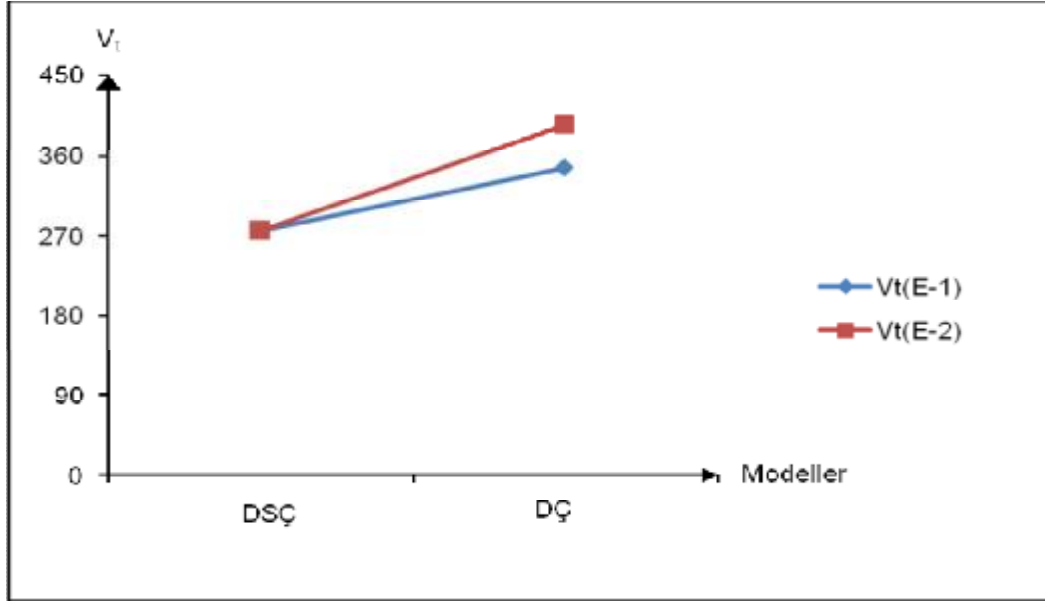
### 5.2.3.3.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı

10 katlı yapının x yönündeki toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti) ( $V_t$ ) hesaplanarak Çizelge 5.84'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.84. 10 katlı Binanın X Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri

Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	$V_t$ (t)	
	DSÇ	DÇ
	1	2
E-1 (1000) MPa	275.68	345.91
E-2 (2850) MPa	275.68	394.22

Şekil 5.51 de görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde boş çerçeveye göre taban kesme kuvveti değerleri basınç çubuğu modelinde artma eğilimi göstermiştir.



Şekil 5.51. 10 Katlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

### 5.2.3.3.(3). Binada Deprem Yükleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri

Eşdeğer kat deprem yükleri, kat hizalarında +%5 ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınarak, kaydırılmış kat kütle merkezine etki ettirilmiştir ( $e_y=1.25$ ). Yapılan analiz sonucu eksantrisiteden dolayı elde edilen deplasman değerleri her kat için çizelgelerle gösterilmiştir.

Çizelge 5.85. 10 katlı Yapının 1. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	1.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DSÇ	0.00686	0.00799	0.00686	0.00799
DÇ	0,00585	0,00657	0.004960	0,00600

Çizelge 5.86. 10 katlı Yapının 2. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

Çerçeve Sistemleri	2.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
<b>DSÇ</b>	0.01975	0.02299	0.01975	0.02299
<b>DÇ</b>	0.01568	0.01753	0,01285	0,01528

Çizelge 5.87. 10 katlı Yapının 3. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

Çerçeve Sistemleri	3.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
<b>DSÇ</b>	0.03396	0.03952	0.03396	0.03952
<b>DÇ</b>	0.02589	0.02889	0,02087	0,02464

Çizelge 5.88. 10 katlı Yapının 4. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

Çerçeve Sistemleri	4.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
<b>DSÇ</b>	0.04791	0.05555	0.04791	0.05555
<b>DÇ</b>	0.03570	0.03979	0,02859	0,03360

Çizelge 5.89. 10 katlı Yapının 5. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

Çerçeve Sistemleri	5.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
<b>DSÇ</b>	0.06097	0.07094	0.06097	0.07094
<b>DÇ</b>	0.04482	0.04993	0,03580	0,04197

Çizelge 5.90. 10 katlı Yapının 6. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

Çerçeve Sistemleri	6.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
<b>DSÇ</b>	0.07275	0.08464	0.07275	0.08464
<b>DÇ</b>	0.05304	0.05907	0,04236	0,04955

Çizelge 5.91. 10 katlı Yapının 7. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

Çerçeve Sistemleri	7.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
<b>DSÇ</b>	0.08295	0.09649	0.08295	0.09649
<b>DÇ</b>	0.06017	0.06699	0,04811	0,05618

Çizelge 5.92. 10 katlı Yapının 8. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

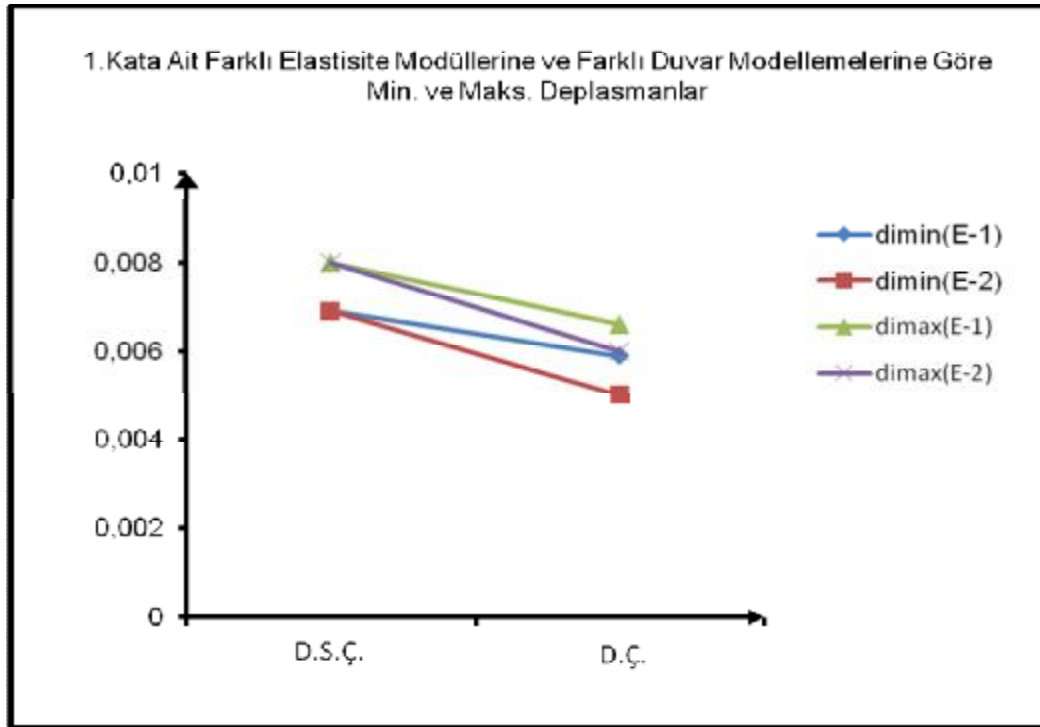
Çerçeve Sistemleri	8.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DŞÇ	0.09130	0.01062	0.09130	0.01062
DÇ	0.06603	0.07351	0,05291	0,06169

Çizelge 5.93. 10 katlı Yapının 9. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları (m)

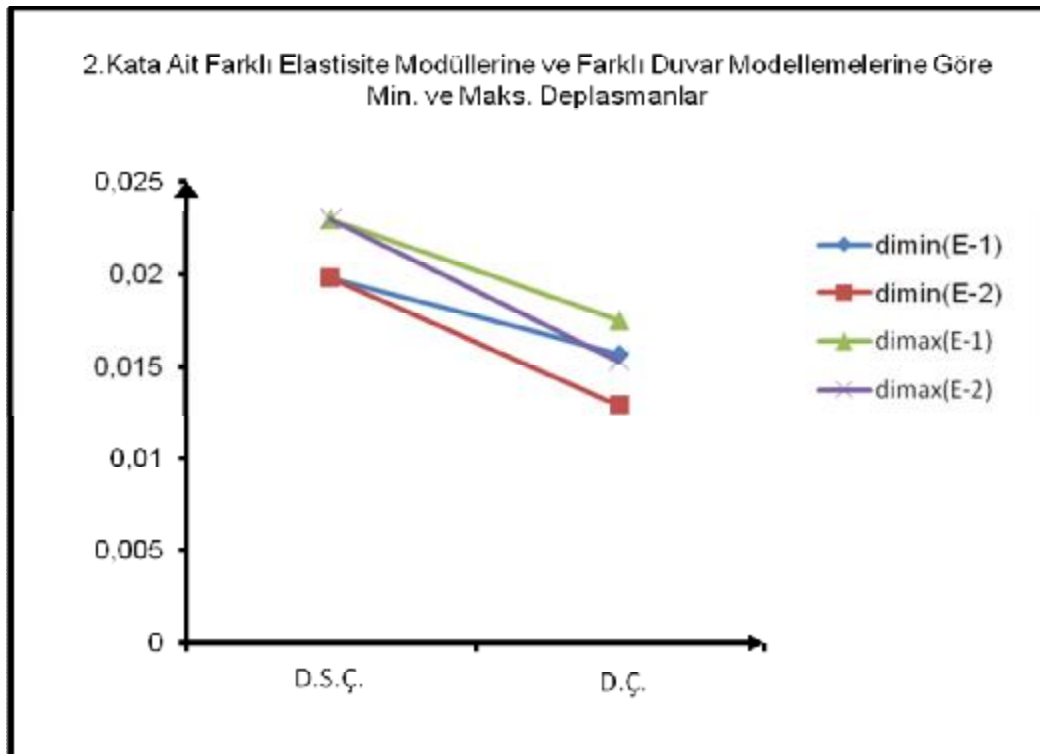
Çerçeve Sistemleri	9.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DŞÇ	0.09760	0.11352	0.09760	0.11352
DÇ	0.07045	0.07842	0,05660	0,06591

Çizelge 5.94. 10 katlı Yapının 10. Katının X Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

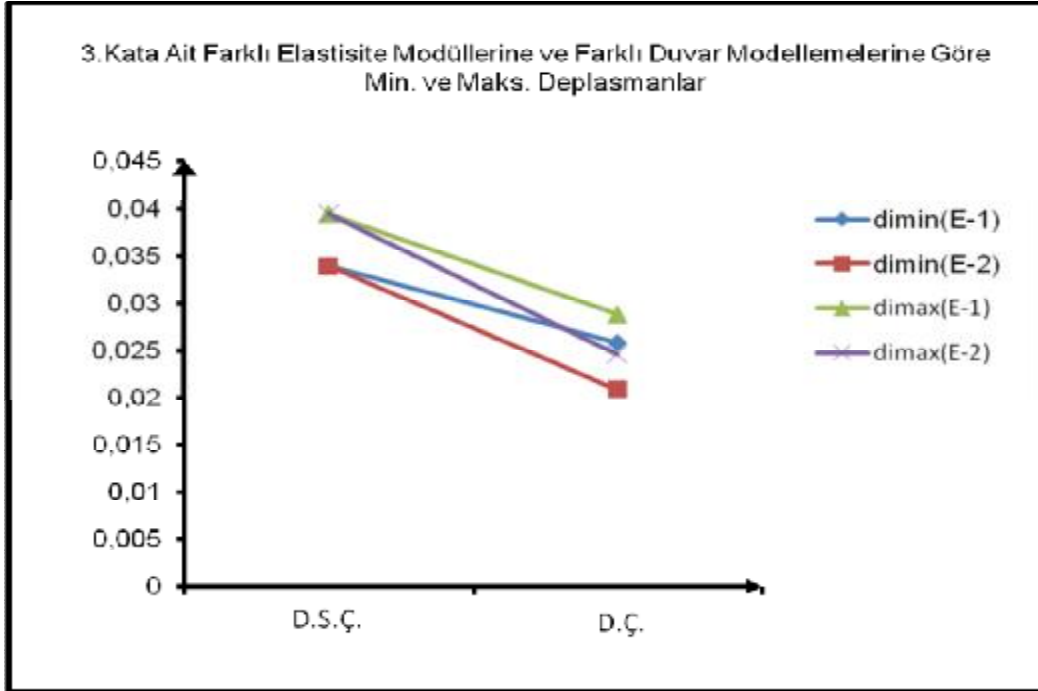
Çerçeve Sistemleri	10.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
DŞÇ	0.10180	0.11840	0.10180	0.11840
DÇ	0.07339	0.08168	0,059130	0,06877



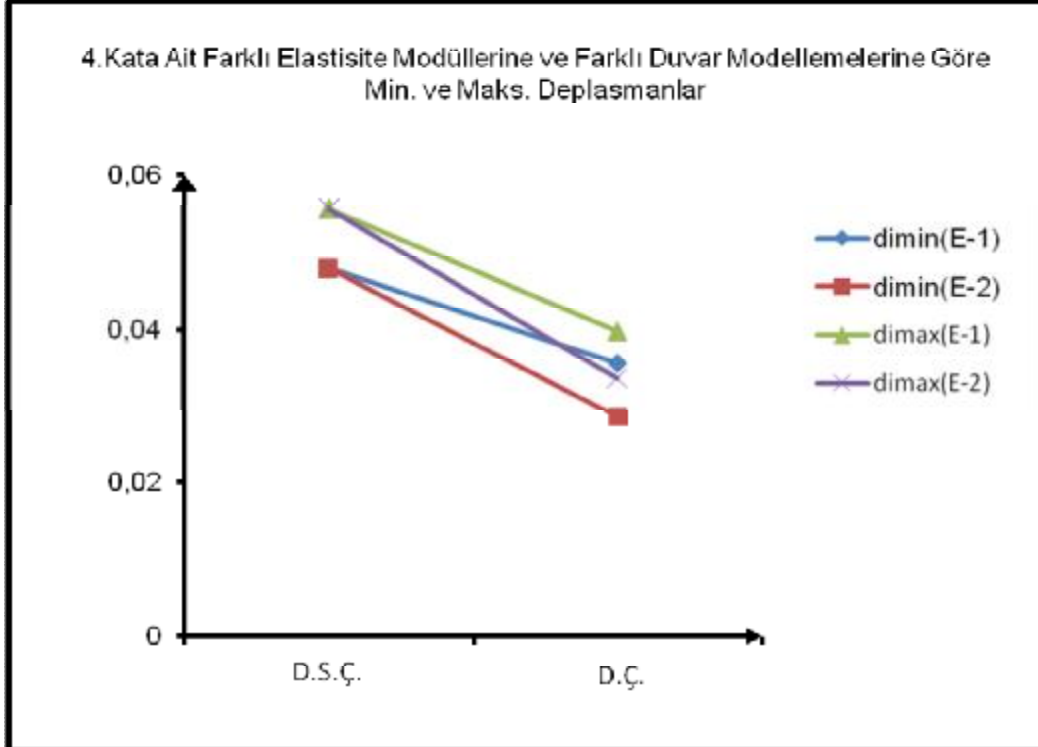
Şekil 5.52. 10 Katlı Binanın 1.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



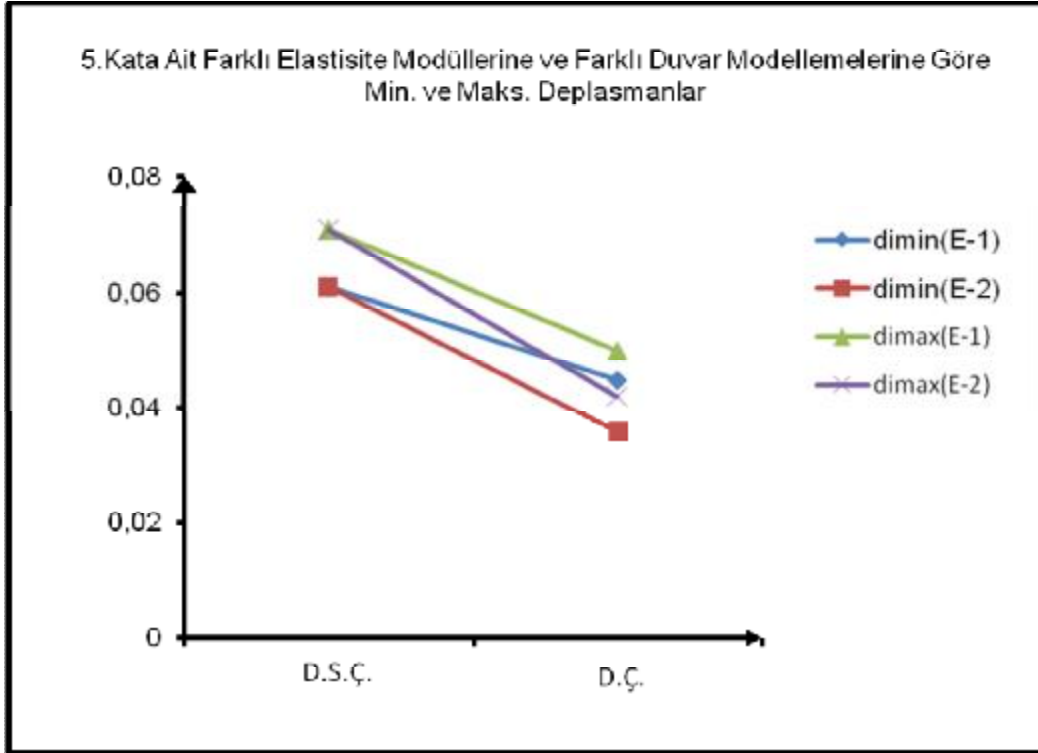
Şekil 5.53. 10 Katlı Binanın 2.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



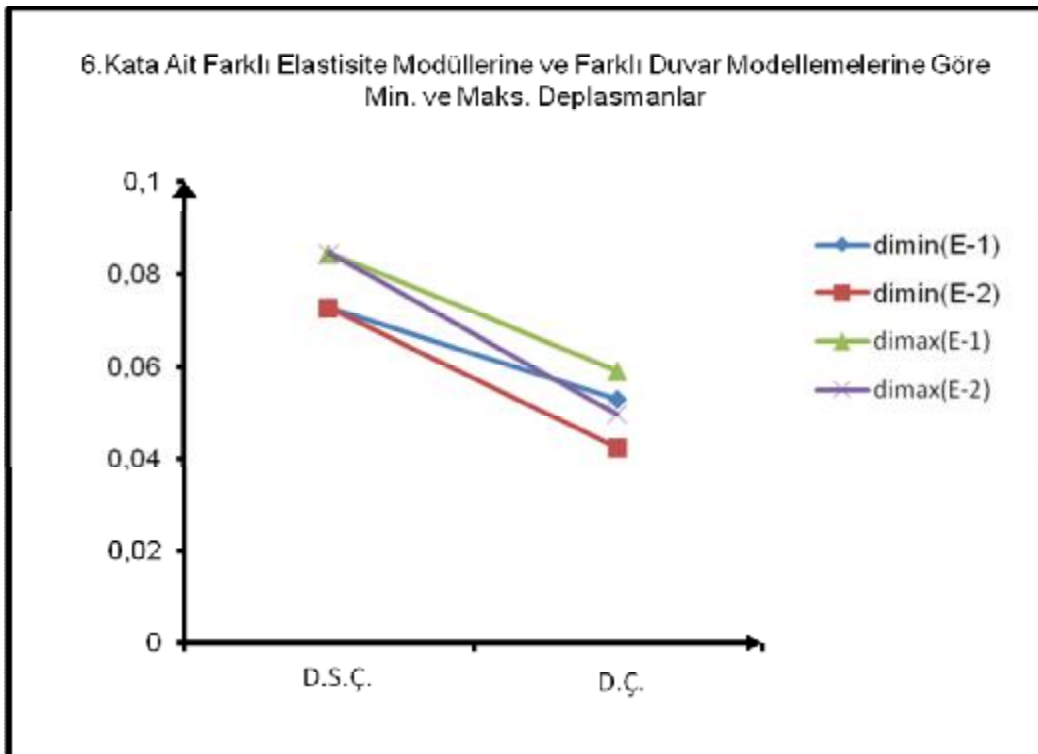
Şekil 5.54. 10 Katlı Binanın 3. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



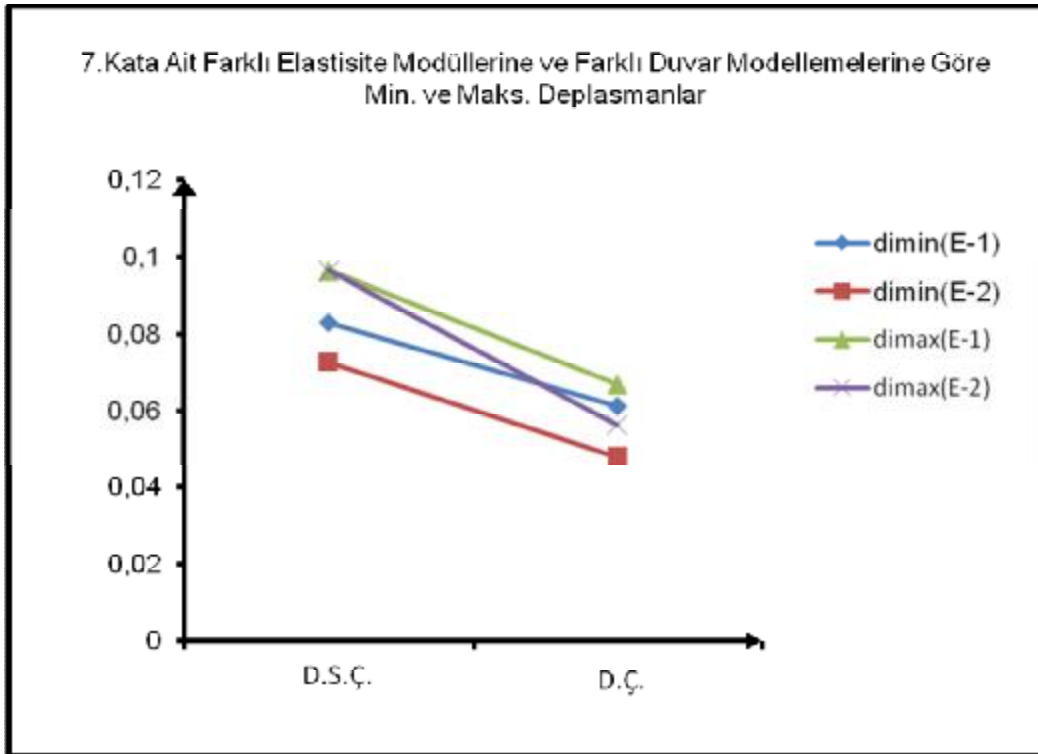
Şekil 5.55. 10 Katlı Binanın 4.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



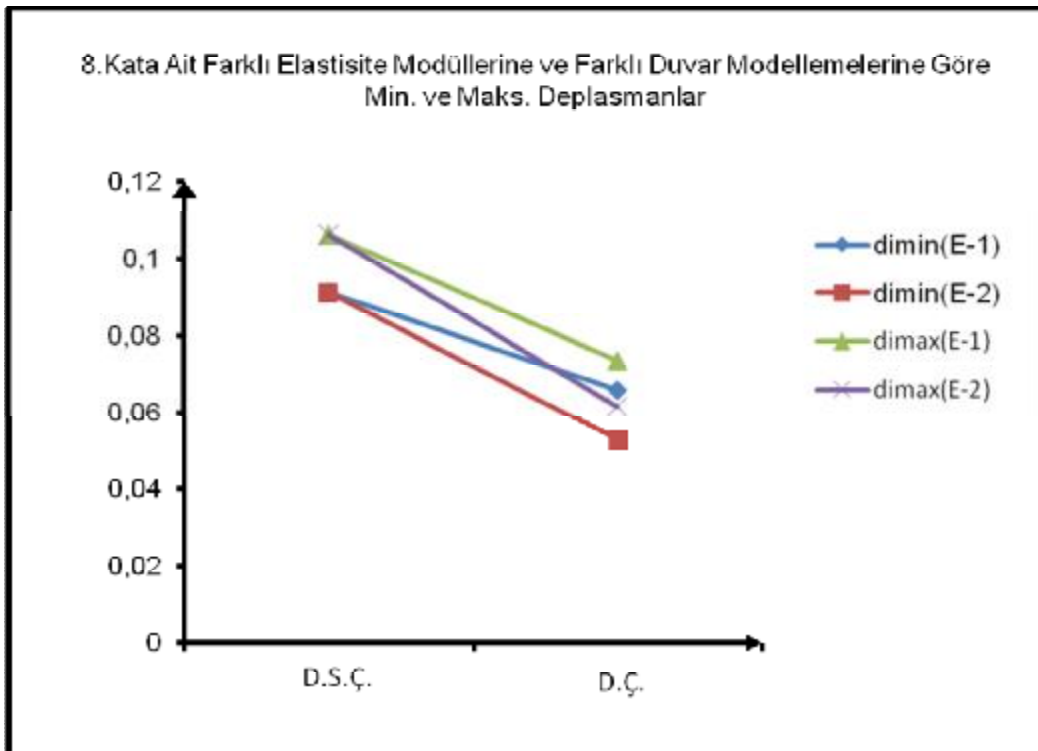
Şekil 5.56. 10 Katlı Binanın 5.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



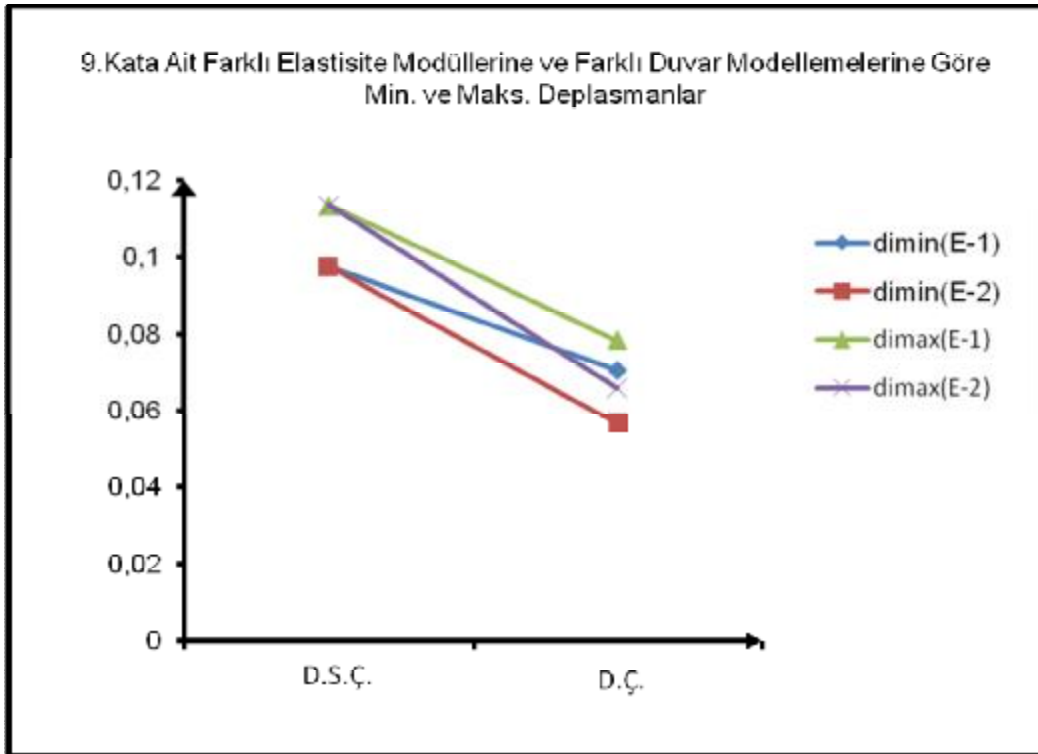
Şekil 5.57. 10 Katlı Binanın 6.Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



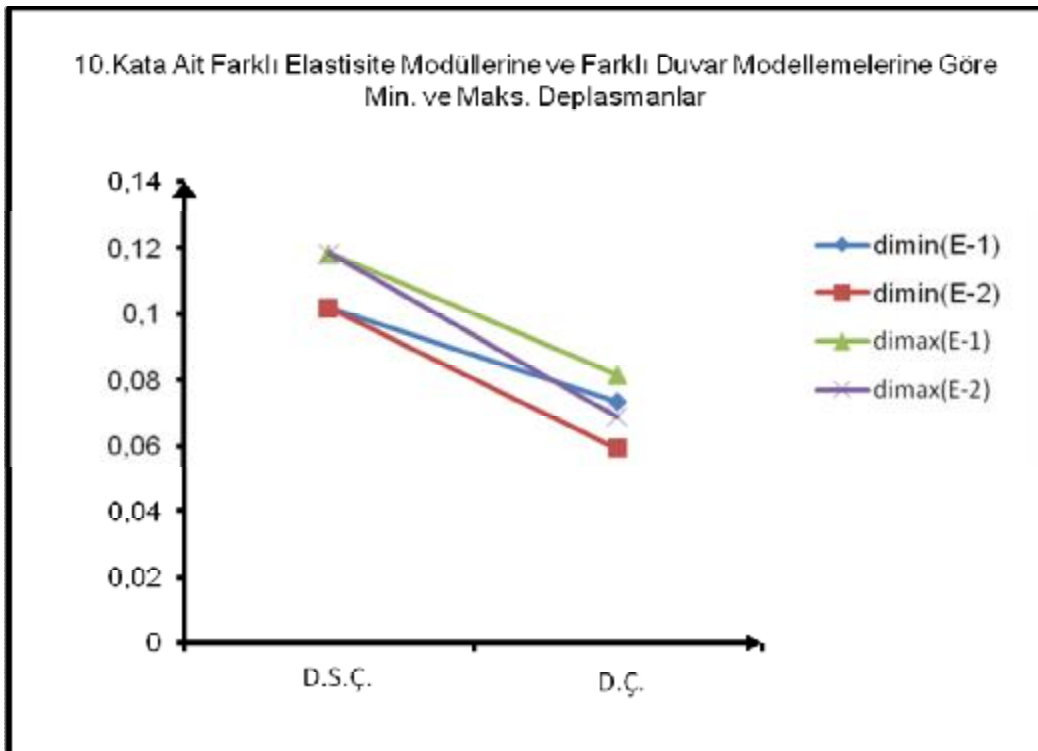
Şekil 5.58. 10 Katlı Binanın 7. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.59. 10 Katlı Binanın 8. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.60. 10 Katlı Binanın 9. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.61. 10 Katlı Binanın 10. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Şekil 5.52- Şekil 5.61’de görüldüğü gibi boş çerçeve, duvarlı çerçeve ve duvar modellemesinde alınan farklı elastisite modülüne göre elde edilen kat deplasman değerlerinin min. ve maks. değerleri, elastisite modülü arttıkça ve alt katlara doğru azalmakta, bu değer düşüşüde boş çerçeveye karşılaştırıldığında, basınç çubuğu yöntemiyle çözülen duvarlı çerçeve modelinde görülmüştür.

#### 5.2.3.3.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Faklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı ( $\eta_{bi}$ ) 1.20’den küçük çıkmıştır. Hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayıları Çizelge 5.95’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.95. 10 Katlı Yapının X Yönünde Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	Burulma Katsayıları( $\eta_{bi}$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
10	1,074890	1,059322	1,074890	1,061224
9	1,074890	1,062738	1,074890	1,067004
8	1,075305	1,062725	1,075305	1,068865
7	1,074830	1,064133	1,074830	1,071082
6	1,075353	1,065015	1,075353	1,072136
5	1,075398	1,065177	1,075398	1,074454
4	1,075547	1,065972	1,075547	1,074341
3	1,075472	1,067114	1,075472	1,356732
2	1,121076	1,122856	1,121076	0,866557
1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

**5.2.3.3.(5) Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü**

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan B2-Yumuşak Kat Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Rijitlik Düzensizlik Katsayısı ( $\eta_{ki}$ ) 2'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.96. 10 Katlı Yapının X yönünde yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Kat No	Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları( $h_{ki}$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DSÇ	DÇ	DSÇ	DÇ
10	0,67	0,67	0,67	0,68
9	0,75	0,76	0,75	0,77
8	0,82	0,82	0,82	0,83
7	0,87	0,87	0,87	0,88
6	0,90	0,90	0,90	0,91
5	0,94	0,93	0,94	0,93
4	0,98	0,97	0,98	0,96
3	1,15	1,11	1,15	0,95
2	1,67	1,53	1,67	1,84
1	-	-	-	-

**5.2.3.3.(6). Binanın Görelî Kat Ötelemesi**

Faklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu görelî kat ötelemeleri hesaplanmıştır.

Çizelge 5.97. 10 Katlı Yapının X Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü

Kat No	Görelî Kat Ötelenmesi Katsayıları(( $\delta_i$ ) $\max$ /hi)			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DSÇ	DÇ	DSÇ	DÇ
10	0,012107	0,00944	0,012107	0,0072
9	0,01316	0,014027	0,01316	0,010533
8	0,01808	0,01848	0,01808	0,013733
7	0,017413	0,01248	0,017413	0,016507
6	0,017947	0,013840	0,017947	0,018853
5	0,01668	0,014613	0,01668	0,013080
4	0,01424	0,011072	0,01424	0,012213
3	0,015987	0,012813	0,015987	0,013173
2	0,017173	0,014133	0,017173	0,013907
1	0,019813	0,017387	0,019813	0,014613

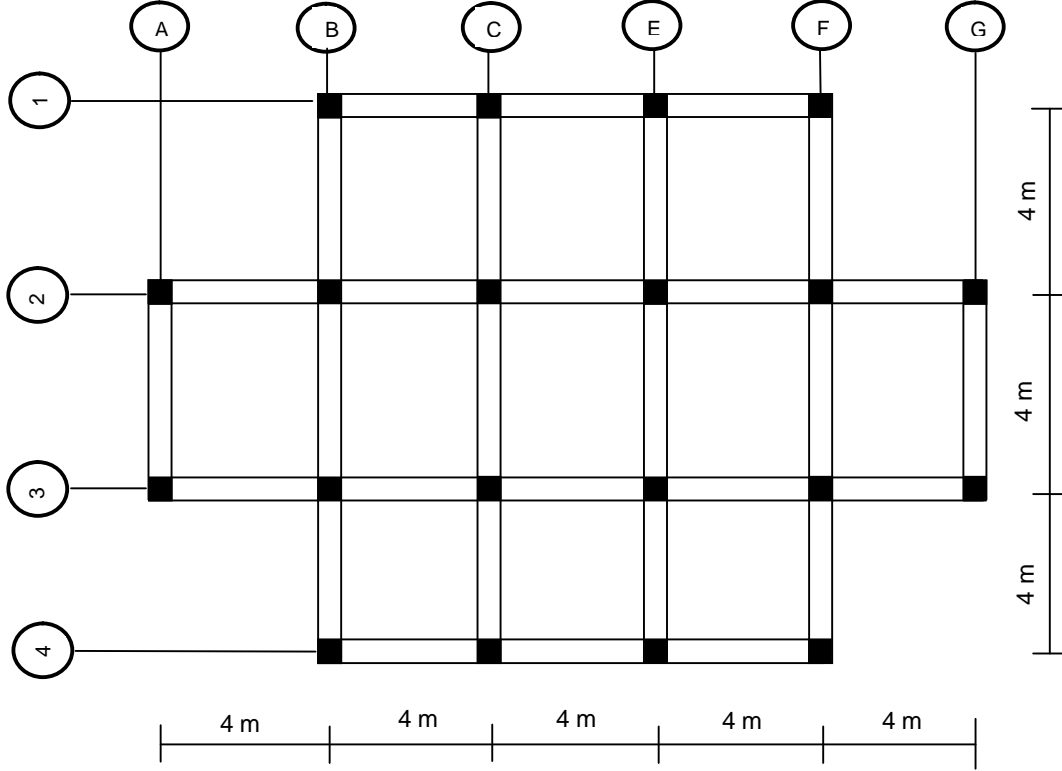
**5.2.3.3.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü**

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri göz önüne alınarak, İkinci Mertebe Gösterge Değeri ( $\theta_i$ ) çerçeve modelleri için hesaplanmıştır. Bu değerler 0.12'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.98. 10 Katlı Yapının X Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü

Kat No	İkinci Mertebe Değeri ( $\theta_i$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DSÇ	DÇ	DSÇ	DÇ
10	0,0160	0,0106	0,0074	0,0050
9	0,0297	0,0195	0,0093	0,0092
8	0,0442	0,0288	0,0103	0,0135
7	0,0588	0,0382	0,0110	0,0178
6	0,0735	0,0475	0,0113	0,0221
5	0,0879	0,0568	0,0112	0,0263
4	0,1014	0,0658	0,0106	0,0305
3	0,1118	0,0737	0,0093	0,0345
2	0,1058	0,0725	0,0068	0,0366
1	0,0690	0,0517	0,0036	0,0290

## 5.2.4. Uygulama 10

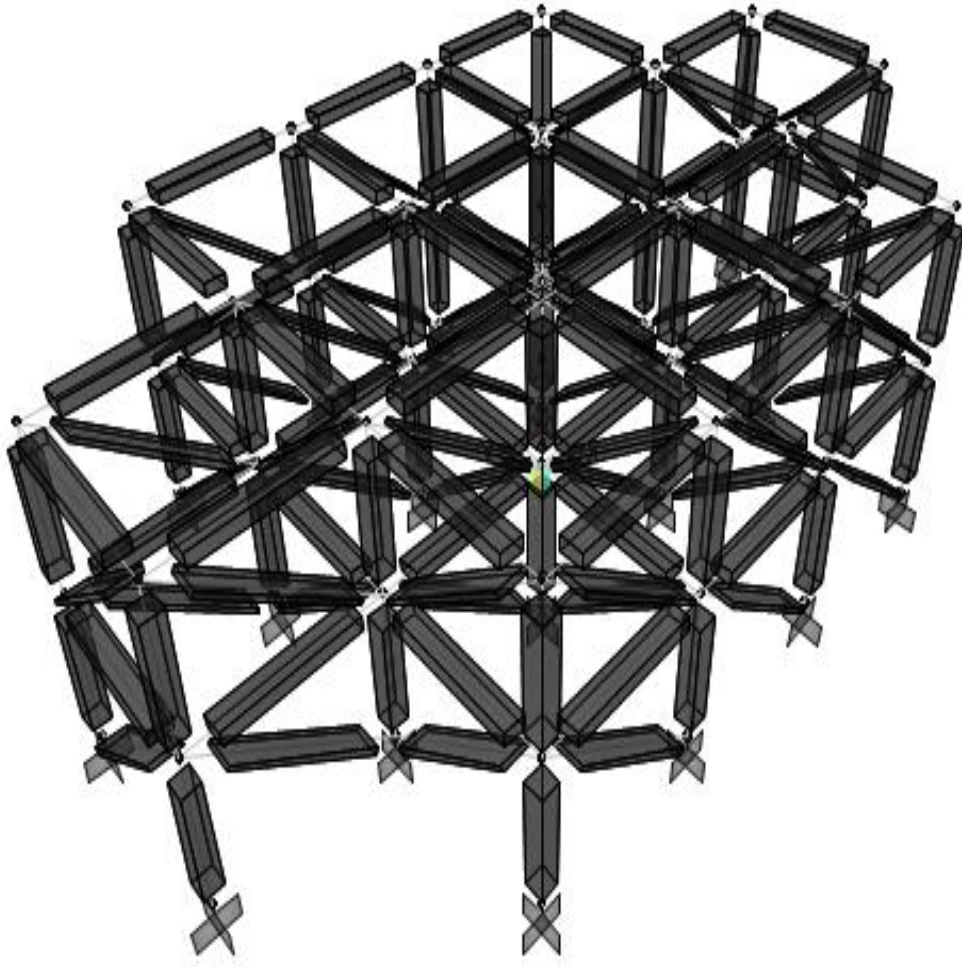


Şekil 5.62. Binanın Kat Planı

**Veriler:**

Dış Duvar Kalınlığı (Tuğla )	:10 cm
İç Duvar Kalınlığı (Tuğla)	:20 cm
Kiriş Boyutları	:25 x 45 cm
Kolon Boyutları	:40 x 40 cm
Beton Sınıfı	:C20
Betonun Elastisite Modülü ( $E_c$ )	:28500 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü ( $E_{d-1}$ )	:1000 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü ( $E_{d-2}$ )	:2850 MPa

Şekil 5.63’de kalıp planı verilen binanın analizi yapılırken diğer çok katlı yapı örneklerindeki adımlar takip edilmiştir. İlk analizde yapı duvarı ağırlık olarak ele alınırken sistemde duvar yerleştirilmemiş, kalan diğer çözümde ise duvar hem ağırlık hemde model olarak yansıtılmıştır.



Şekil 5.63. Binanın 3 Boyutlu Basınç Çubuğu Modeli

### 5.2.4.1. Binanın Kat Ağırlıkları

Kat ağırlıkları hesaplanırken, döşeme için (döşeme + tesviye + kaplama + sıva)'dan oluşan sabit yük  $4.84 \text{ kN/m}^2$  olarak hesaplanmış ve hareketli yük normal katlarda  $2 \text{ kN/m}^2$ , çatı katında  $1.5 \text{ kN/m}^2$  olarak alınmıştır. Kiriş ve kolon ağırlıklarının hesaplanmasında tasarım yükü olarak  $25 \text{ kN/m}^3$ , duvar ağırlıklarının hesaplanmasında boşluklu tuğla duvar için tasarım yükü  $4,84 \text{ kN/m}^2$  alınmıştır. Duvarın iç ve dış sıvası 1 cm kabul edilmiş ve kullanılan sıvanın tasarım yükü  $20 \text{ kN/m}^3$  olarak alınmıştır. Bu değerler kullanılarak her katın ağırlığı hesaplanmış ve Çizelge 5.99'da gösterilmiştir. Normal kat ağırlıkları N, çatı kat ağırlıkları ise Ç olarak adlandırılmıştır. Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı W ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.99. 2 Katlı Binanın Kat Ağırlıkları

Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	Kat	$W_i(t)$	
		DSÇ	DÇ
		1	2
E-1 (1000) MPa	N	189,014	189,014
	Ç	186,374	186,374
	W	375,388	375,388
E-2 (2850) MPa	N	189,014	189,014
	Ç	186,374	186,374
	W	375,388	375,388

Çizelge 5.100. Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları (w)

w(m)	
Tuğla Duvar Kalınlıkları	
L(m)	10'luk
5(E-1)	0.60
5(E-2)	0.78

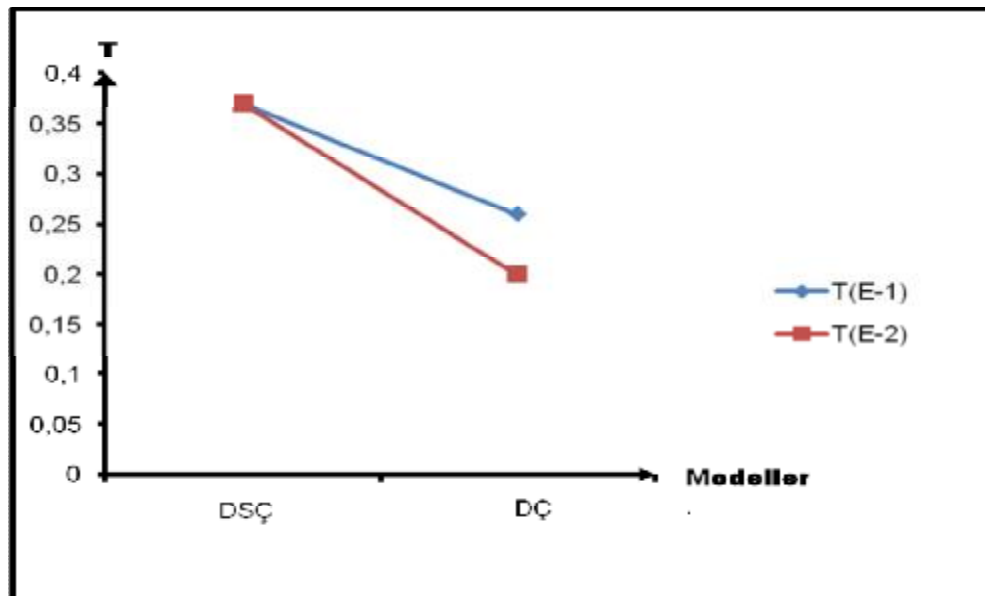
### 5.2.4.2 İki Katlı Binanın Y Yönünde Deprem Analizi

#### 5.2.4.2.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu

2 katlı yapının y yönündeki birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh oranı ile hesaplanmıştır. Periyod değerleri Çizelge 5.101’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.101. 2 katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Periyod Değerleri

Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	Periyod (sn)	
	DŞÇ	DÇ
	1	2
E-1 (1000) MPa	0.37	0.26
E-2 (2850) MPa	0.37	0.20



Şekil 5.64. 2 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

Şekil 5.64 de görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde boş çerçeveye göre , basınç çubuğu metoduna göre bulunan periyot değerlerinin duvarın elastisite modülü değerinin artışına ters olarak azalma eğiliminde değer aldığı görülmüştür.

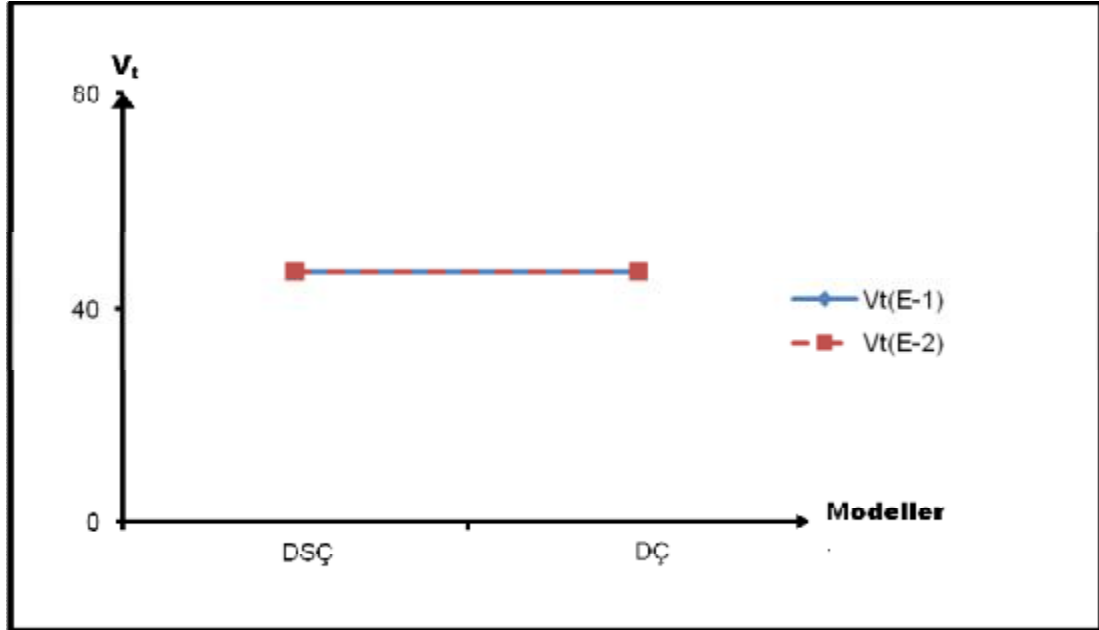
#### 5.2.4.2.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı

2 katlı yapının x yönündeki toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti) ( $V_t$ ) hesaplanarak Çizelge 5.102’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.102. 2 Katlı Binanın X Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri

Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	$V_t$ (t)	
	DŞÇ	DÇ
	1	2
E-1 (1000) MPa	46.924	46.924
E-2 (2850) MPa	46.924	46.924

Şekil 5.65 de görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde boş çerçeveye göre taban kesme kuvveti değerleri basınç çubuğu modelinde değişim katsayısının ve ağırlığın çok olmamasından değişim göstermemiştir.



Şekil 5.65. 2 Katlı Binanın Taban Kesme Kuvvet Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

### 5.2.4.2.(3). Binada Deprem Yükleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri

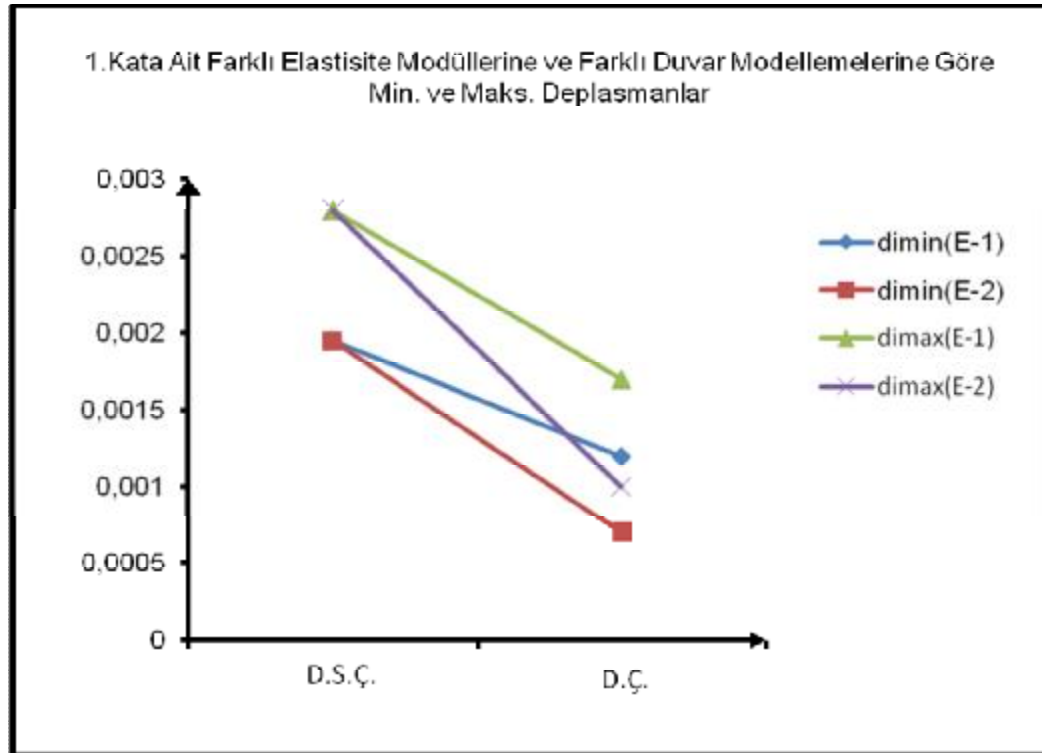
Eşdeğer kat deprem yükleri, kat hizalarında +%5 ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınarak, kaydırılmış kat kütle merkezine etki ettirilmiştir ( $e_y=0.6$ ). Yapılan analiz sonucu eksantrisiteden dolayı elde edilen deplasman değerleri her kat için çizelgelerle gösterilmiştir.

Çizelge 5.103. 2 katlı Yapının 1. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

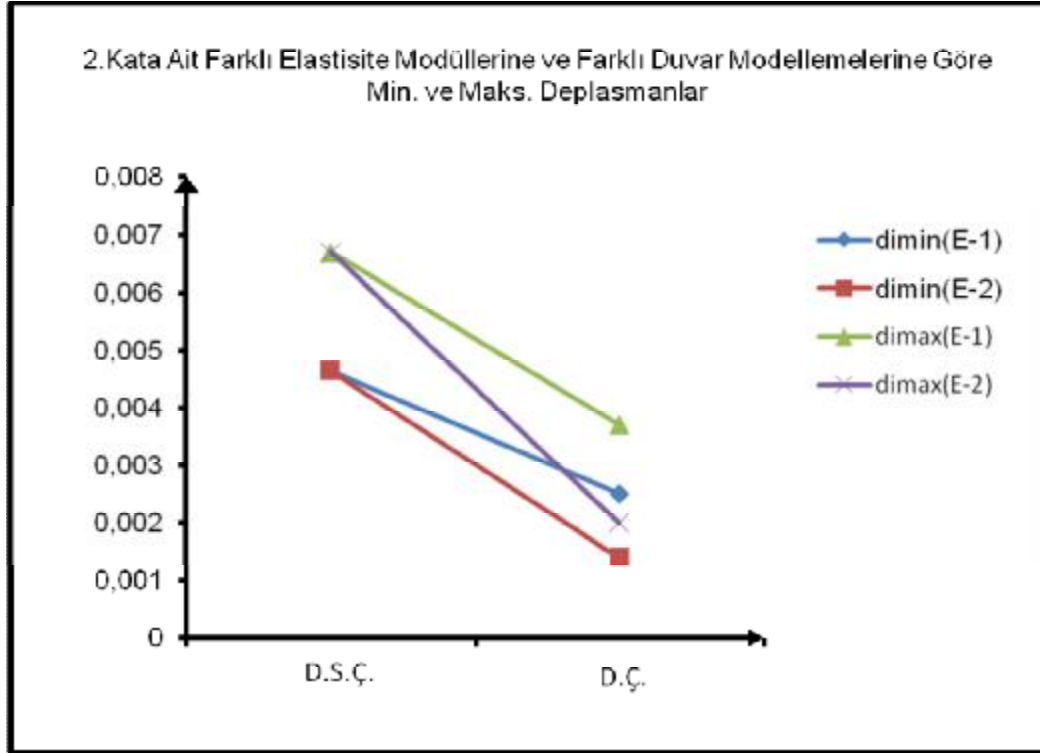
Çerçeve Sistemleri	1.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
	(m)		(m)	
DŞÇ	0.00195	0.00282	0.00195	0.00282
DÇ	0.00115	0.00170	0,00069	0,00102

Çizelge 5.104. 2 katlı Yapının 2. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	2.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
	(m)		(m)	
DŞÇ	0.00465	0.00671	0.00465	0.00671
DÇ	0.00250	0.00367	0,00137	0,00204



Şekil 5.66. 2 Katlı Binanın 1. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.67. 2 Katlı Binanın 2. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Şekil 5.66, Şekil 5.67 de görüldüğü gibi boş çerçeve, duvarlı çerçeve ve duvar modellemesinde alınan farklı elastisite modülüne göre elde edilen kat deplasman değerlerinin min. ve maks. değerleri, elastisite modülü arttıkça ve alt katlara doğru azalmakta, bu değer düşüşüde boş çerçeveye karşılaştırıldığında, basınç çubuğu yöntemiyle çözülen duvarlı çerçeve modelinde görülmüştür.

#### 5.2.4.2.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Farklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı ( $\eta_{bi}$ ) 1.20'den küçük çıkmıştır. Hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayıları Çizelge 5.105'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.105. 2 Katlı Yapının Y Yönünde Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	Burulma Katsayıları( $h_{bi}$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
2	1,180	1,186	1,180	1,196
1	1,182	1,193	1,182	1,196

#### 5.2.4.2.(5). Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan B2-Yumuşak Kat Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Rijitlik Düzensizlik Katsayısı ( $\eta_{ki}$ ) 2'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.106. 2 Katlı Yapının Y yönünde yumuşak kat düzensizliği kontrolü

Kat No	Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları( $h_{ki}$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
2	1,34	1,16	1,34	1,00
1	-	-	-	-

#### 5.2.4.2.(6). Binanın Göreli Kat Ötelemesi

Faklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu göreli kat ötelemeleri hesaplanmıştır.

Çizelge 5.107. 2 Katlı Yapının Y Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü

Kat No	Görelî Kat Ötelenmesi Katsayıları(( $\delta_i$ )max/hi)			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DSÇ	DÇ	DSÇ	DÇ
2	0,008027	0,004453	0,008027	0,002282
1	0,006027	0,003787	0,006027	0,002278

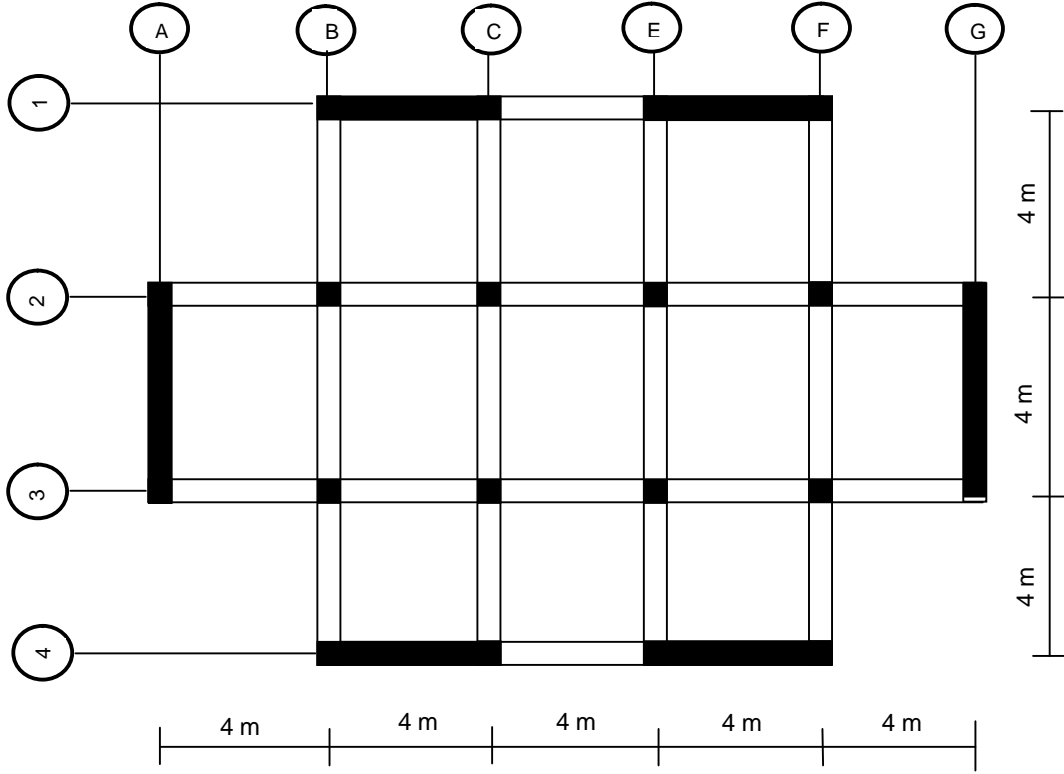
#### 5.2.4.2.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri göz önüne alınarak, İkinci Mertebe Gösterge Değeri ( $\theta_i$ ) çerçeve modelleri için hesaplanmıştır. Bu değerler 0.12'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.108. 2 Katlı Yapının Y Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü

Kat No	İkinci Mertebe Değeri ( $\theta_i$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DSÇ	DÇ	DSÇ	DÇ
2	0,1058	0,0725	0,0068	0,0366
1	0,0690	0,0517	0,0036	0,0290

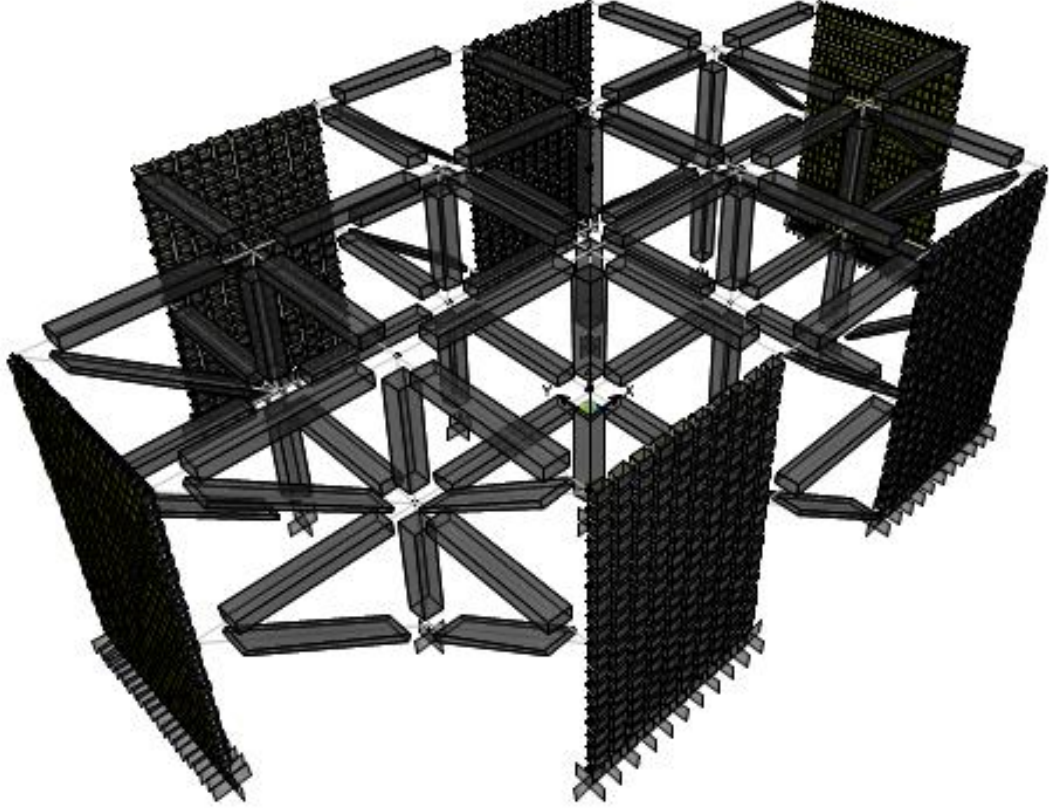
## 5.2.5. Uygulama 11



Şekil 5.68. Bina Kat Planı

**Veriler:**

Dış Duvar Kalınlığı (Tuğla )	:10 cm
Perde Kalınlığı	:25 cm
Kiriş Boyutları	:25 x 45 cm
Kolon Boyutları	:40 x 40 cm
Beton Sınıfı	:C20
Betonun Elastisite Modülü ( $E_c$ )	:28500 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü ( $E_{d-1}$ )	:1000 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü ( $E_{d-2}$ )	:2850 MPa



Şekil 5.69. Binanın 3 Boyutlu Görünüşü

#### 5.2.5.1. Binanın Kat Ağırlıkları

Kat ağırlıkları hesaplanırken, döşeme için (döşeme + tesviye + kaplama + sıva)'dan oluşan sabit yük  $4.84 \text{ kN/m}^2$  olarak hesaplanmış ve hareketli yük normal katlarda  $2 \text{ kN/m}^2$ , çatı katında  $1.5 \text{ kN/m}^2$  olarak alınmıştır. Kiriş ve kolon ağırlıklarının hesaplanmasında tasarım yükü olarak  $25 \text{ kN/m}^3$ , duvar ağırlıklarının hesaplanmasında boşluklu tuğla duvar için tasarım yükü  $4,84 \text{ kN/m}^2$  alınmıştır. Duvarın iç ve dış sıvası  $1 \text{ cm}$  kabul edilmiş ve kullanılan sıvanın tasarım yükü  $20 \text{ kN/m}^3$  olarak alınmıştır. Bu değerler kullanılarak her katın ağırlığı hesaplanmış ve Çizelge 5.109'da gösterilmiştir. Normal kat ağırlıkları  $N$ , çatı kat ağırlıkları ise  $\text{Ç}$

olarak adlandırılmıştır. Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı  $W$  ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.109. 2 Katlı Binanın Kat Ağırlıkları

Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	Kat	$W_i(t)$	
		DSÇ	DÇ
		1	2
E-1 (1000) MPa	N	203.414	203.414
	Ç	200.774	200.774
	W	404,188	404,188
E-2 (2850) MPa	N	203.414	203.414
	Ç	200.774	200.774
	W	404,188	404,188

Çizelge 5.110. Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları (w)

w(m)	
Tuğla Duvar Kalınlıkları	
L(m)	10'luk
5(E-1)	0.60
5(E-2)	0.78

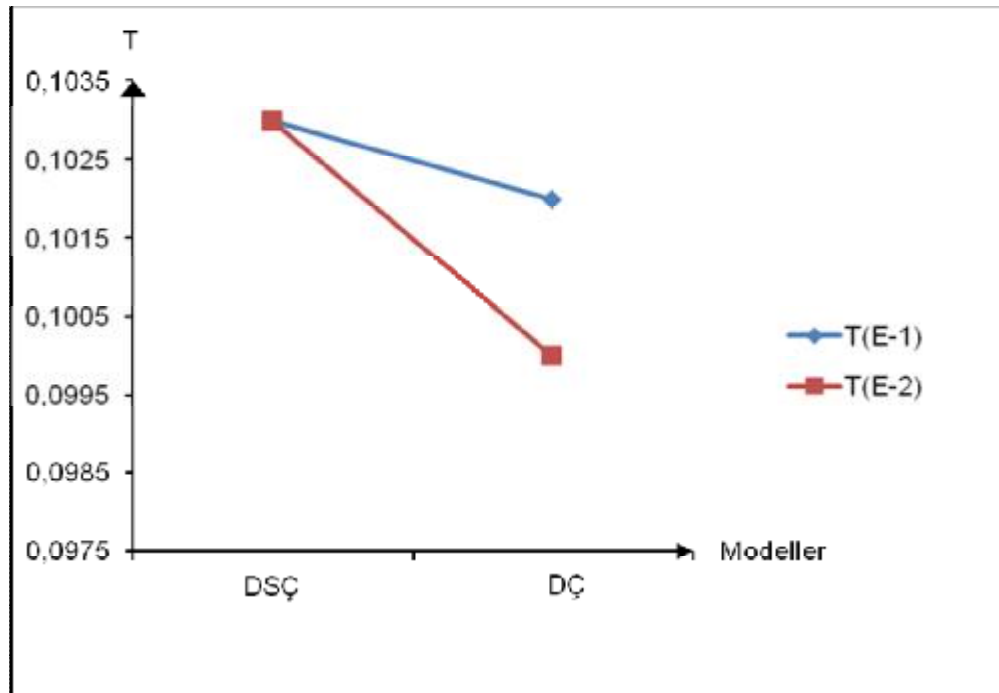
### 5.2.5.2. İki Katlı Binanın Y Yönünde Deprem Analizi

#### 5.2.5.2.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu

2 katlı yapının Y yönündeki birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh oranı ile hesaplanmıştır. Periyod değerleri Çizelge 5.111'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.111. 2 katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Periyod Değerleri

Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	Periyod (sn)	
	DSÇ	DÇ
	1	2
E-1 (1000) MPa	0.103	0.102
E-2 (2850) MPa	0.103	0.100



Şekil 5.70. 2 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

Şekil 5.70 de görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde boş çerçeveye göre , basınç çubuğu metoduna göre bulunan periyot değerlerinin duvarın elastisite modülü değerinin artışına ters olarak azalma eğiliminde değer aldığı görülmüştür.

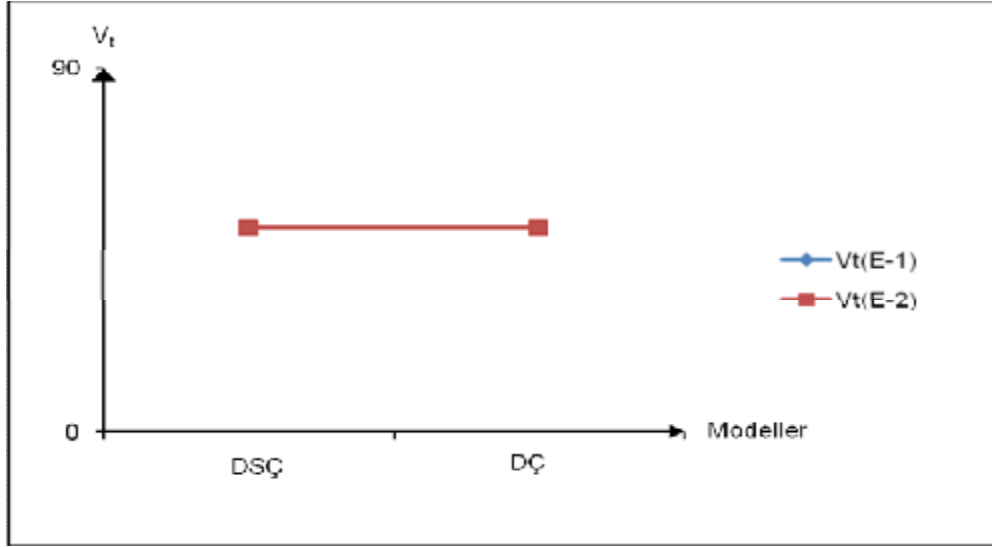
#### 5.2.5.2.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yükü Hesabı

2 katlı yapının Y yönündeki toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti) ( $V_t$ ) hesaplanarak Çizelge 5.112’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.112. 2 katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri

Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	$V_t$ (t)	
	DSÇ	DÇ
	1	2
E-1 (1000) MPa	50.52	50.52
E-2 (2850) MPa	50.52	50.52

Şekil 5.71 de görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde boş çerçeveye göre taban kesme kuvveti değerleri basınç çubuğu modelinde değişim katsayısının ve ağırlığın çok olmamasından değişim göstermemiştir.



Şekil 5.71. 2 Katlı Binanın Taban Kesme Kuvvet Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

### 5.2.5.2.(3). Binada Deprem Yükleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri

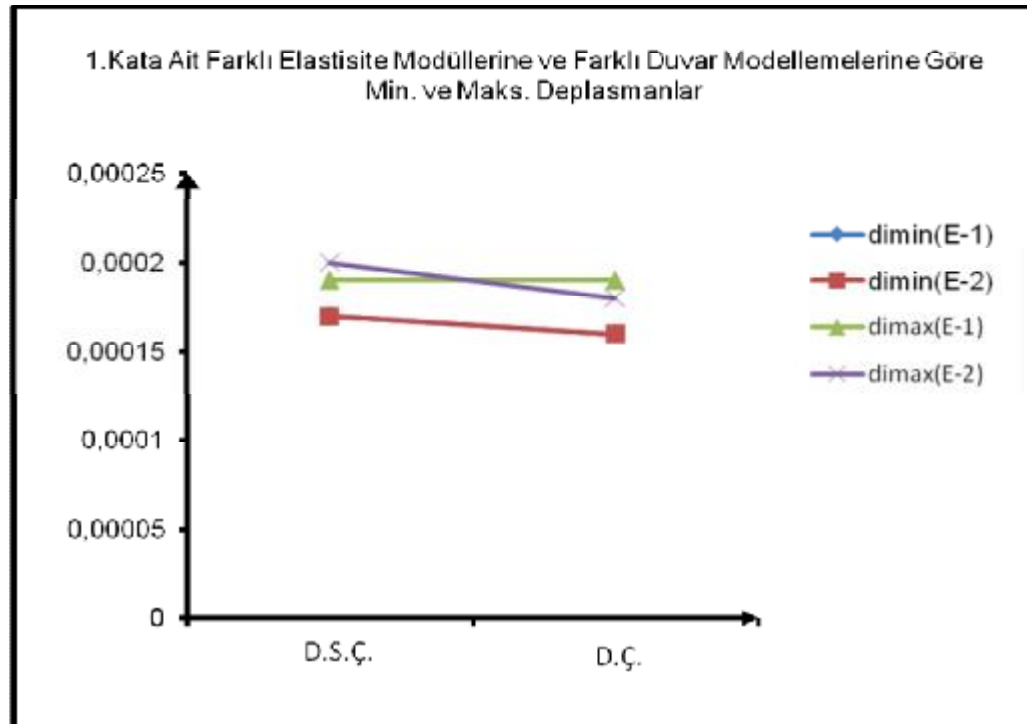
Eşdeğer kat deprem yükleri, kat hizalarında +%5 ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınarak, kaydırılmış kat kütle merkezine etki ettirilmiştir ( $e_y=0.6$ ). Yapılan analiz sonucu eksantrisiteden dolayı elde edilen deplasman değerleri her kat için çizelgelerle gösterilmiştir.

Çizelge 5.113. 2 katlı Yapının 1. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

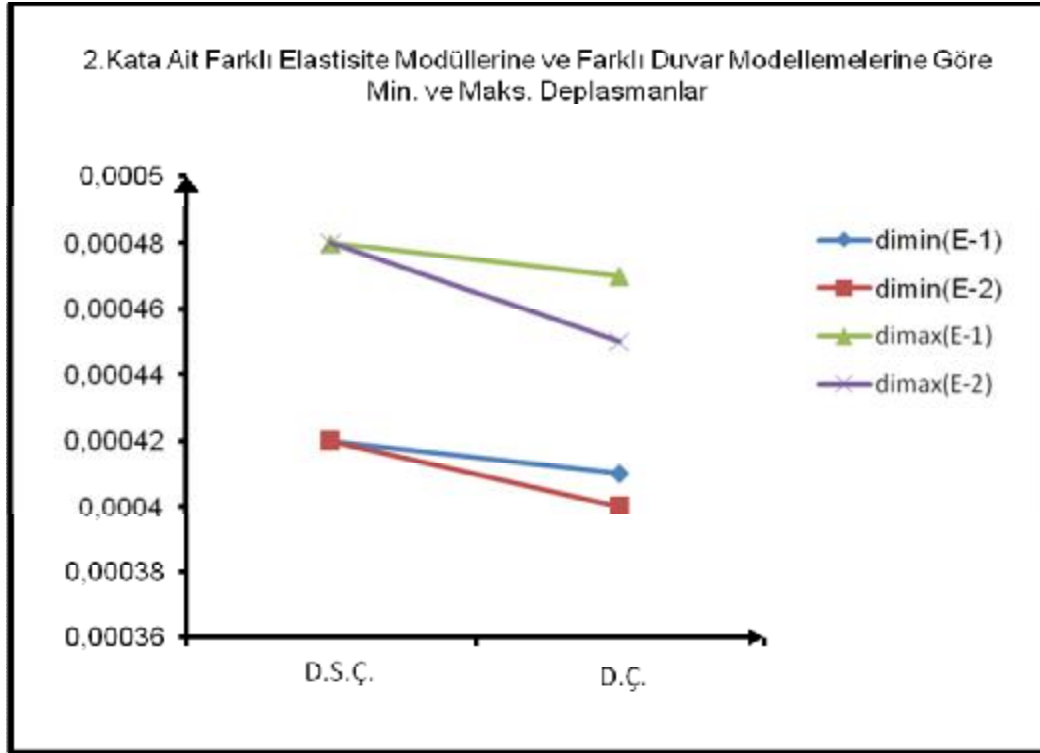
Çerçeve Sistemleri	1.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>
	(m)		(m)	
DSÇ	0.00017	0.00019	0.00017	0.00019
DÇ	0.00016	0.00019	0,00016	0,00018

Çizelge 5.114. 2 katlı Yapının 2. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	2.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>
	(m)		(m)	
DŞÇ	0.00042	0.00048	0.00042	0.00048
DÇ	0.00041	0.00047	0,00040	0,00045



Şekil 5.72. 2 Katlı Binanın 1. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri



Şekil 5.73. 2 Katlı Binanın 1. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Şekil 5.72 ve Şekil 5.73 de görüldüğü gibi boş çerçeve, duvarlı çerçeve ve duvar modellemesinde alınan farklı elastisite modülüne göre elde edilen kat deplasman değerlerinin min. ve maks. değerleri, elastisite modülü arttıkça ve alt katlara doğru azalmakta, bu değer düşüşüde boş çerçeveye karşılaştırıldığında, basınç çubuğu yöntemiyle çözülen duvarlı çerçeve modelinde görülmüştür.

#### 5.2.5.2.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Farklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı ( $\eta_{bi}$ ) 1.20'den küçük çıkmıştır. Hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayıları Çizelge 5.115'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.115. 2 Katlı Yapının Y Yönünde Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	Burulma Katsayıları( $h_{bi}$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
2	1,060	1,062	1,060	1,065
1	1,060	1,062	1,060	1,064

**5.2.5.2.(5). Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü**

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan B2-Yumuşak Kat Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Rijitlik Düzensizlik Katsayısı ( $\eta_{ki}$ ) 2'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.116. 2 katlı Yapının Y Yönünde Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Kat No	Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları( $h_{ki}$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
2	1,54	1,53	1,54	1,52
1	-	-	-	-

**5.2.5.2.(6). Binanın Görelî Kat Ötelemesi**

Farklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu görelî kat ötelemeleri hesaplanmıştır.

Çizelge 5.117. 2 Katlı Yapının Y Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü

Kat No	Görelî Kat Ötelenmesi Katsayıları(( $\delta_i$ ) $\max$ /hi)			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
2	0,000731	0,000714	0,000731	0,000683
1	0,000473	0,000465	0,000473	0,000451

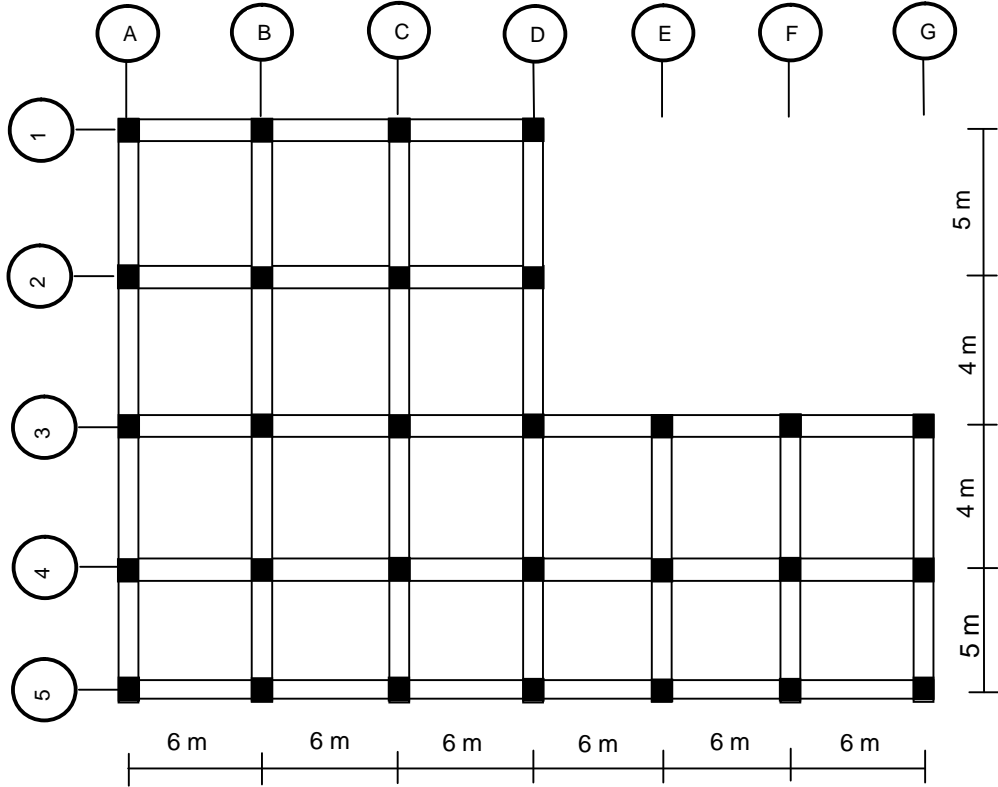
**5.2.5.2.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü**

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri göz önüne alınarak, İkinci Mertebe Gösterge Değeri ( $\theta_i$ ) çerçeve modelleri için hesaplanmıştır. Bu değerler 0.12'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.118. 2 Katlı Yapının Y Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü

Kat No	İkinci Mertebe Değeri ( $\theta_i$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
2	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
1	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004

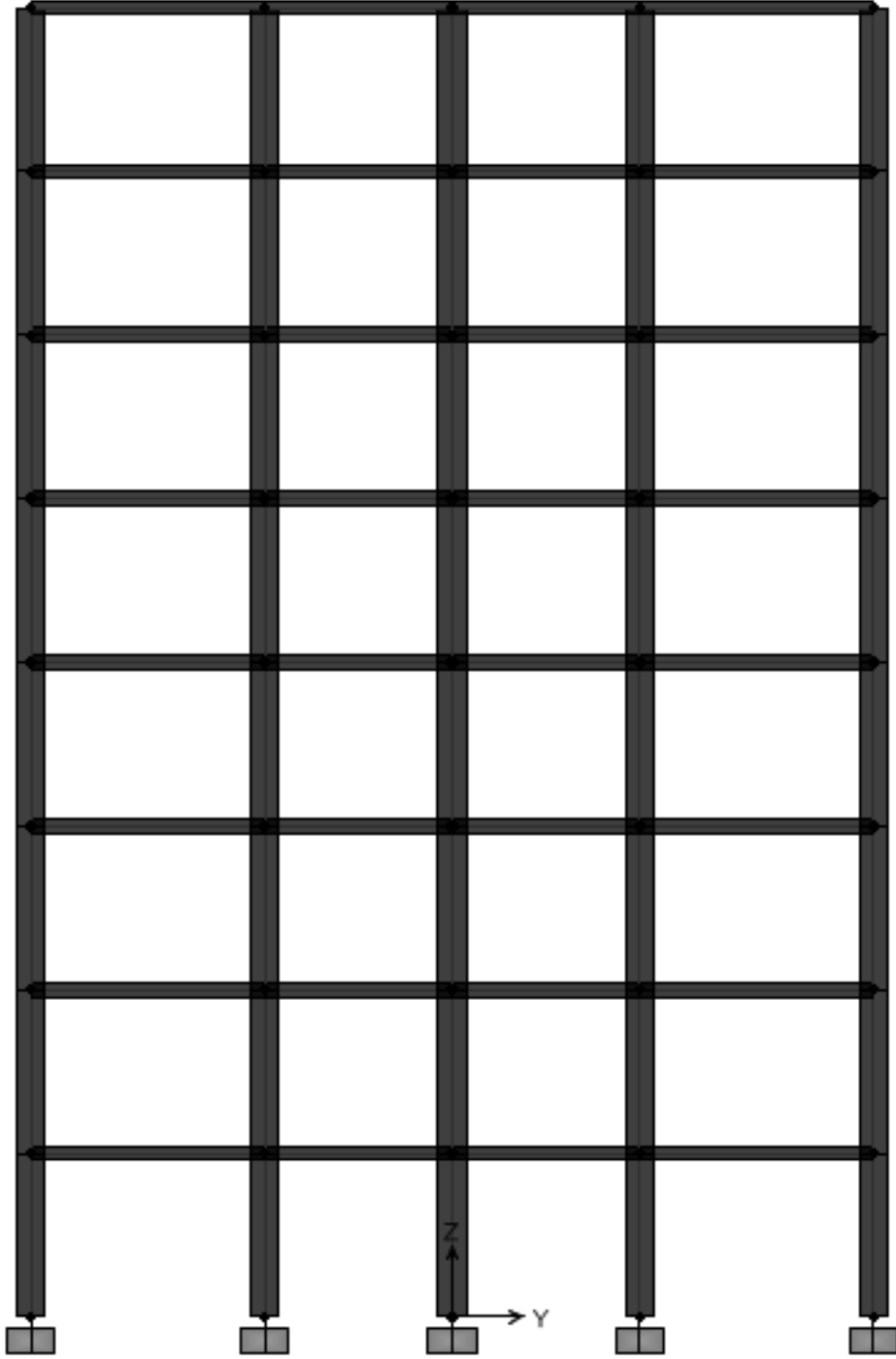
## 5.2.6. Uygulama 12



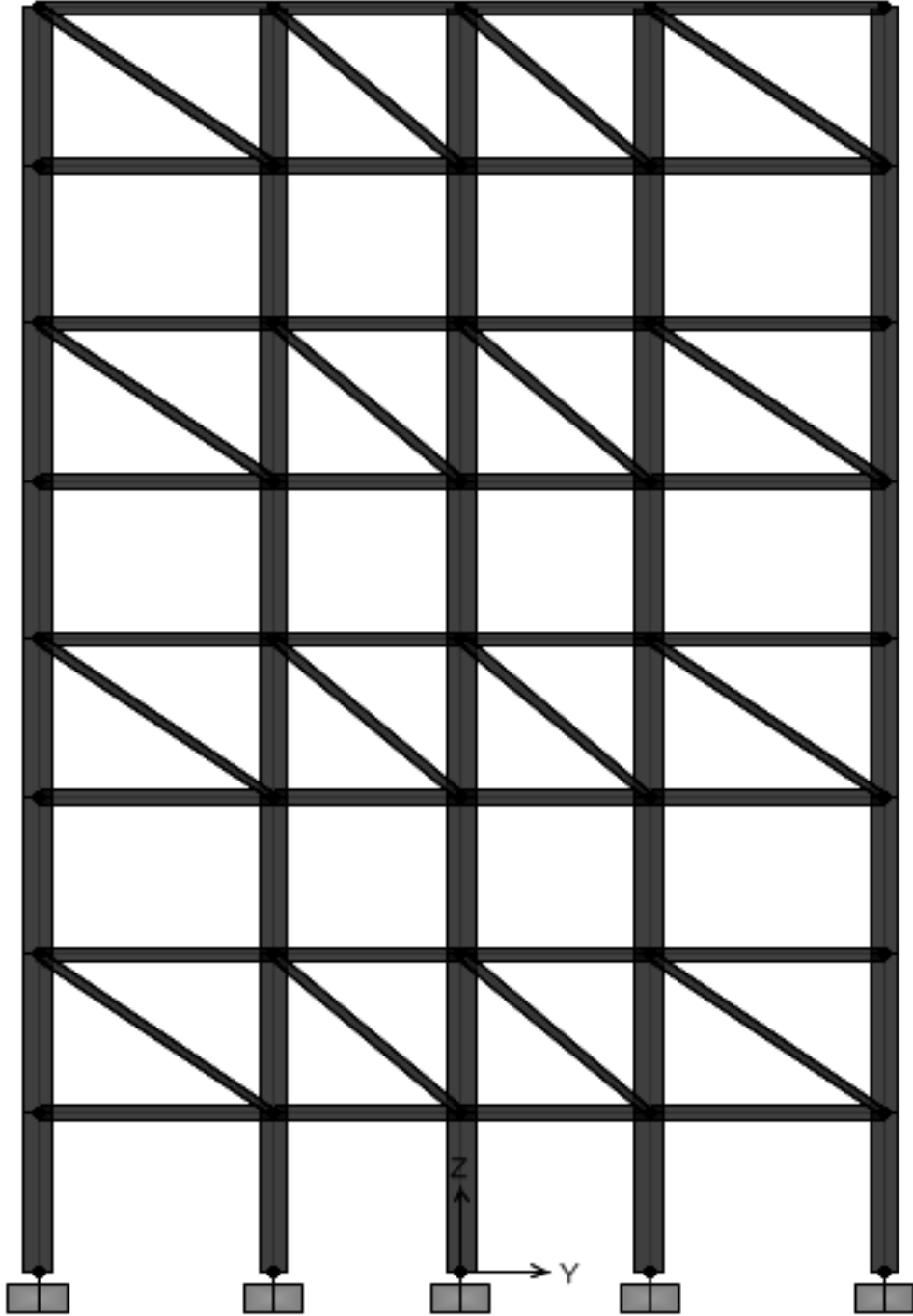
Şekil 5.74. Bina Kat Planı

**Veriler:**

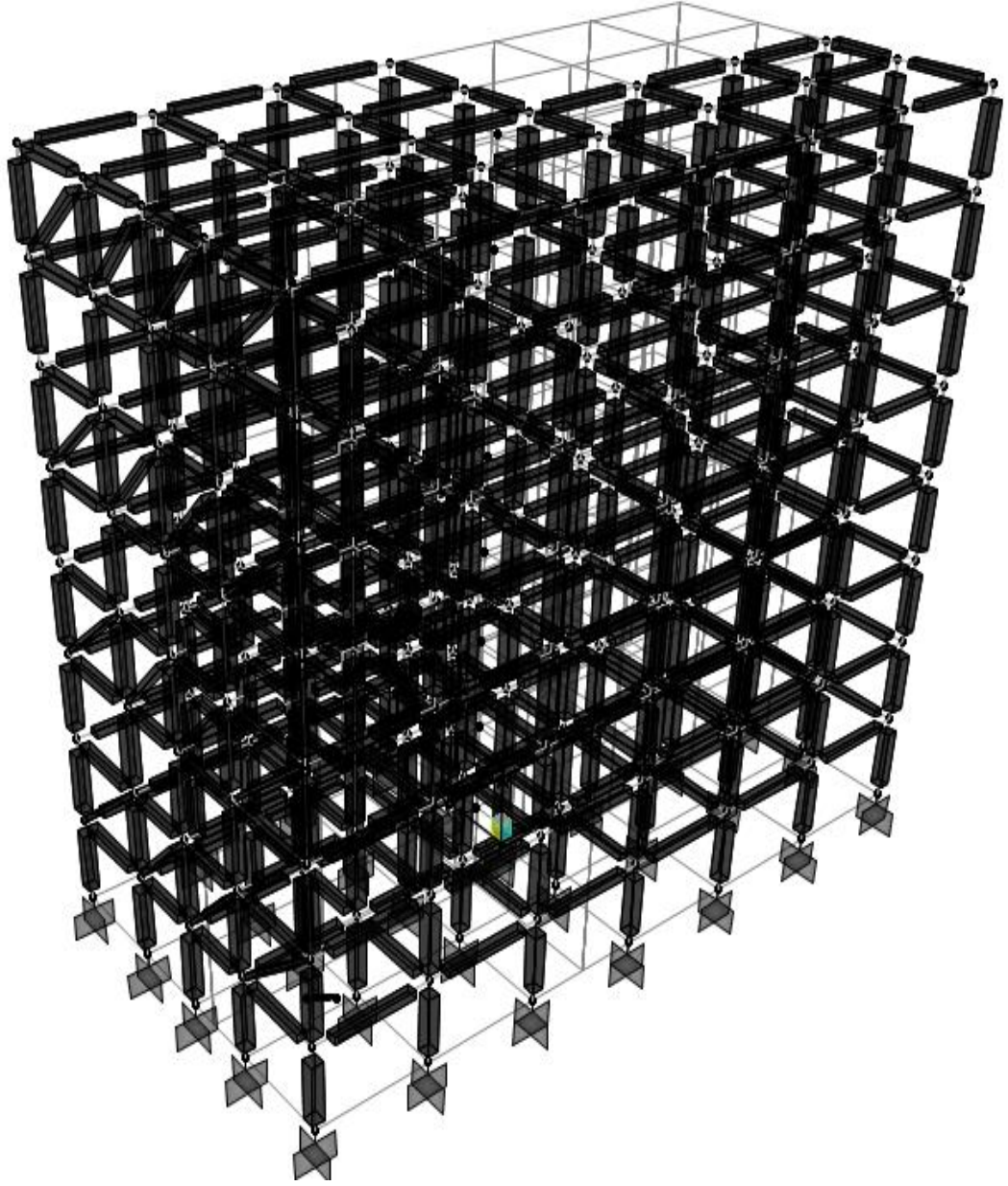
Dış Duvar Kalınlığı (Tuğla )	:20 cm
Perde Kalınlığı	:25 cm
Kiriş Boyutları	:30 x 50 cm
Kolon Boyutları	:60 x 60 cm
Beton Sınıfı	:C20
Betonun Elastisite Modülü ( $E_c$ )	:28500 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü ( $E_{d-1}$ )	:1000 MPa
Tuğla Duvarın Elastisite Modülü ( $E_{d-2}$ )	:2850 MPa



Şekil 5.75. Duvarsız Modellenen Yapının X-Z Görünümü



Şekil 5.76. İkinci, Dördüncü, Altıncı ve Sekizinci Katlarına A Aksı Boyunca Duvar İlave Edilerek Modellenen Yapının X-Z Görünümü



Şekil 5.77. Duvarlı Modellenen Binanın 3 Boyutlu Görünüşü

### 5.2.6.1. Binanın Kat Ağırlıkları

Normal kat ağırlıkları N, çatı kat ağırlıkları ise Ç olarak adlandırılmıştır. Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı W ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.119. 8 Katlı Binanın Kat Ağırlıkları

Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	Kat	W <sub>i</sub> (t)	
		DŞÇ	DÇ
		1	2
E-1 (1000) MPa	N	412.01	412.01
	Ç	379,21	379,21
	W	3263,28	3263,28
E-2 (2850) MPa	N	412.01	412.01
	Ç	379,21	379,21
	W	3263,28	3263,28

Çizelge 5.120. Eşdeğer Basınç Çubuğu Kalınlıkları (w)

w(m)	
Tuğla Duvar Kalınlıkları	
L(m)	20'lik
4(E-1)	0.63
4(E-2)	0.82
5(E-1)	0,63
5(E-2)	0,81
6E-1)	0,61
6(E-2)	0,80

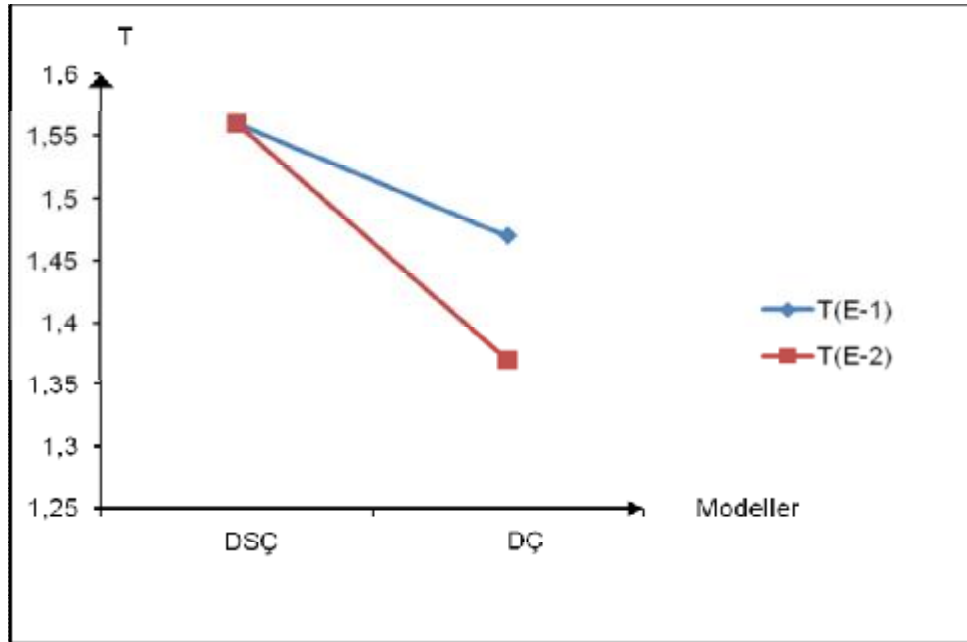
### 5.2.6.2. Sekiz Katlı Binanın Y Yönünde Deprem Analizi

#### 5.2.6.2.(1). Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu

8 katlı yapının Y yönündeki birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh oranı ile hesaplanmıştır. Periyod değerleri Çizelge 5.121’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.121. 8 Katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Periyod Değerleri

Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	Periyod (sn)	
	DSÇ	DÇ
	1	2
E-1 (1000) MPa	1,56	1,47
E-2 (2850) MPa	1,56	1,37



Şekil 5.78. 8 Katlı Binanın Periyot Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere göre Değişimi

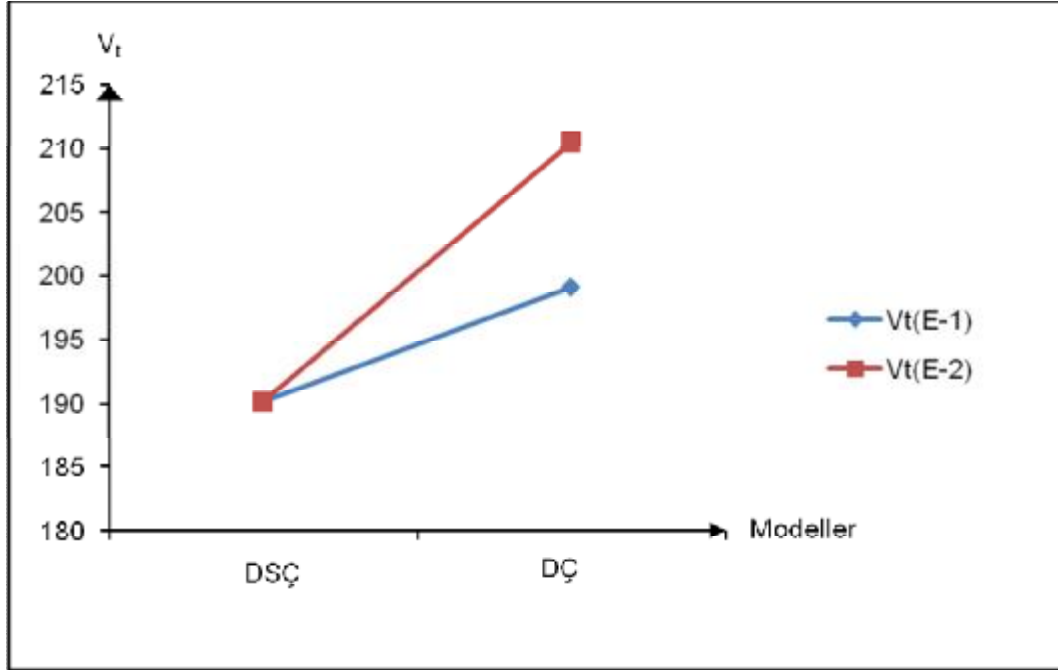
Şekil 5.78 de görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde boş çerçeveye göre , basınç çubuğu metoduna göre bulunan periyot değerlerinin duvarın elastisite modülü değerinin artışına ters olarak azalma eğiliminde değer aldığı görülmüştür.

#### 5.2.6.2.(2). Binanın Toplam Eşdeğer Yüğü Hesabı

8 katlı yapının Y yönündeki toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti) ( $V_t$ ) hesaplanarak Çizelge 5.122’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.122. 8 Katlı Binanın Y Yönünde Farklı Elastisite Modülü Değerlerine Göre Kesme Kuvveti Değerleri

Elastisite Modülü (Duvar) (MPa)	$V_t$ (t)	
	DSÇ	DÇ
	1	2
E-1 (1000) MPa	190,19	199,08
E-2 (2850) MPa	190,19	210,49



Şekil 5.79. 8 Katlı Binanın Taban Kesme Kuvvet Değerlerinin Duvar Elastisite Modülü ve Modellere Göre Değişimi

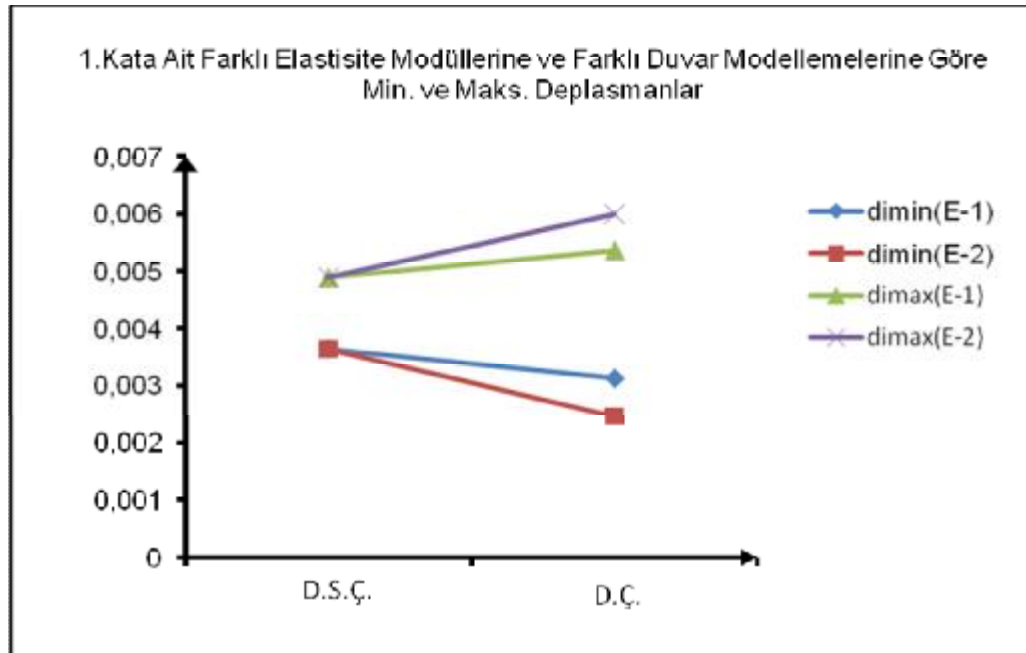
Şekil 5.79' da görülen değişime göre duvar elastisite modülü değerleri artış yönünde değiştiğinde boş çerçeveye göre taban kesme kuvveti değerleri basınç çubuğu modelinde artma eğilimi göstermiştir.

### 5.2.6.2.(3). Binada Deprem Yükleri Sonucu Oluşan Deplasman Değerleri

Eşdeğer kat deprem yükleri, kat hizalarında +%5 ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınarak, kaydırılmış kat kütle merkezine etki ettirilmiştir ( $e_y=1.5$ ). Yapılan analiz sonucu eksantrisiteden dolayı elde edilen deplasman değerleri her kat için çizelgelerle gösterilmiştir.

Çizelge 5.123. 8 Katlı Yapının 1. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

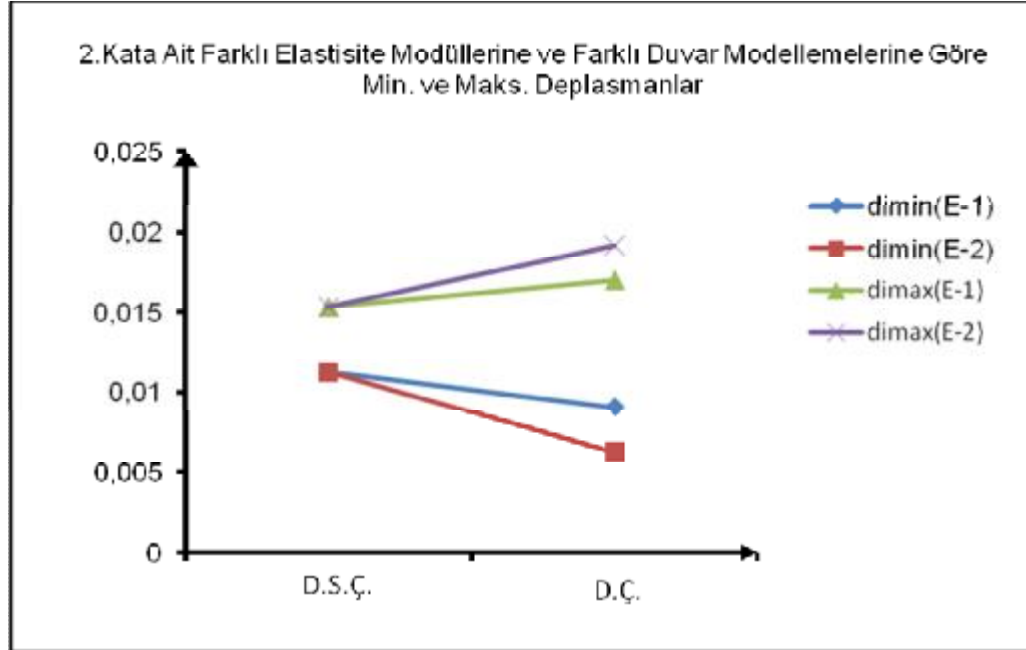
Çerçeve Sistemleri	1.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
	(m)		(m)	
DŞÇ	0.004	0.004	0.004	0.005
DÇ	0.003	0.005	0,002	0,006



Şekil 5.80. 8 Katlı Binanın 1. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Çizelge 5.124. 8 Katlı Yapının 2. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

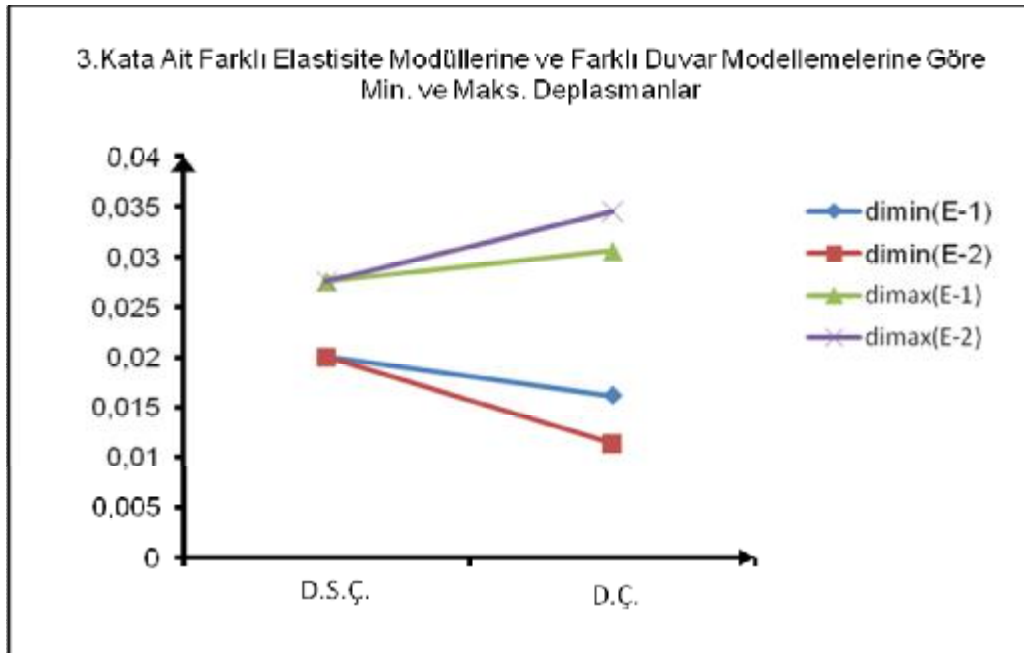
Çerçeve Sistemleri	2.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>
	(m)		(m)	
DSÇ	0.011	0.015	0.011	0.015
DÇ	0.009	0.017	0,006	0,019



Şekil 5.81. 8 Katlı Binanın 2. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Çizelge 5.125. 8 Katlı Yapının 3. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

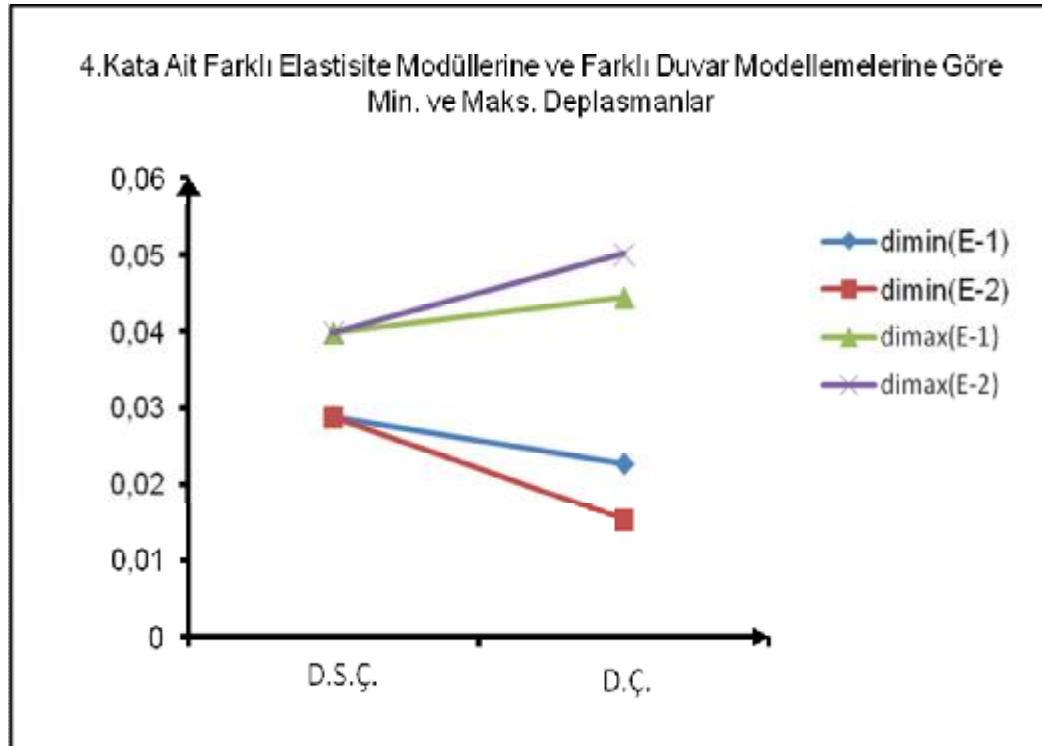
Çerçeve Sistemleri	3.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
	(m)		(m)	
DSÇ	0.020	0.028	0.020	0.028
DÇ	0.016	0.031	0,011	0,034



Şekil 5.82. 8 Katlı Binanın 3. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Çizelge 5.126. 8 Katlı Yapının 4. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

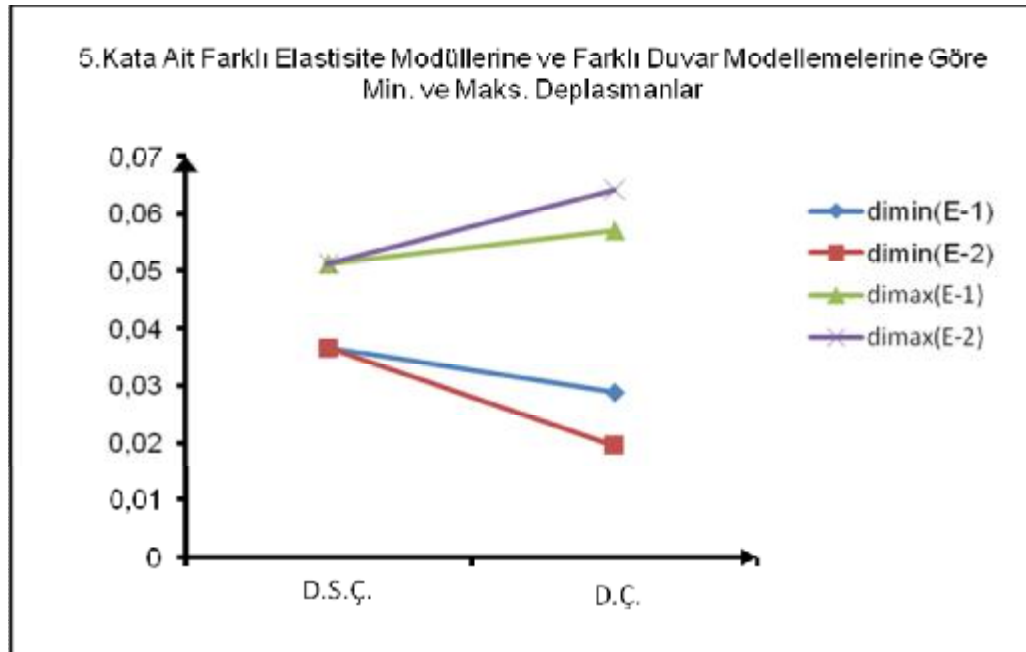
Çerçeve Sistemleri	4.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
	(m)		(m)	
DSÇ	0.029	0.034	0.029	0.040
DÇ	0.023	0.044	0,015	0,050



Şekil 5.83. 8 Katlı Binanın 4. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Çizelge 5.127. 8 Katlı Yapının 5. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

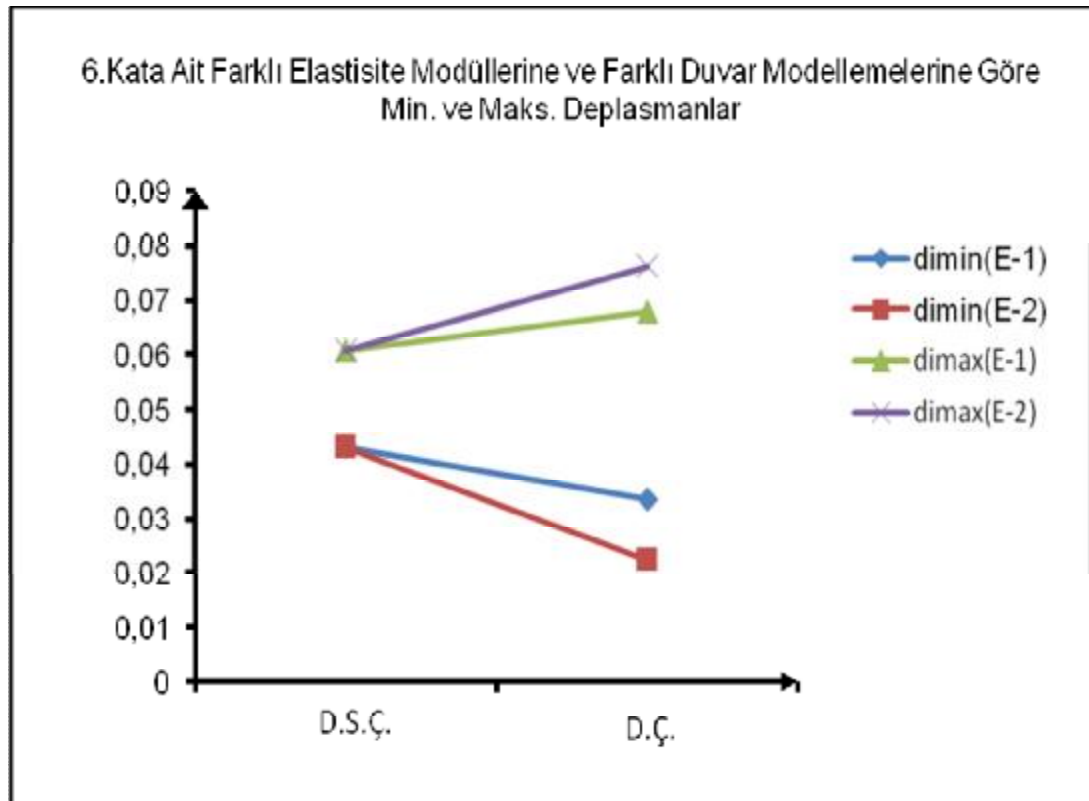
Çerçeve Sistemleri	5.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
	(m)		(m)	
DSÇ	0.037	0.051	0.037	0.051
DÇ	0.029	0.057	0,020	0,064



Şekil 5.84. 8 Katlı Binanın 5. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Çizelge 5.128. 8 Katlı Yapının 6. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

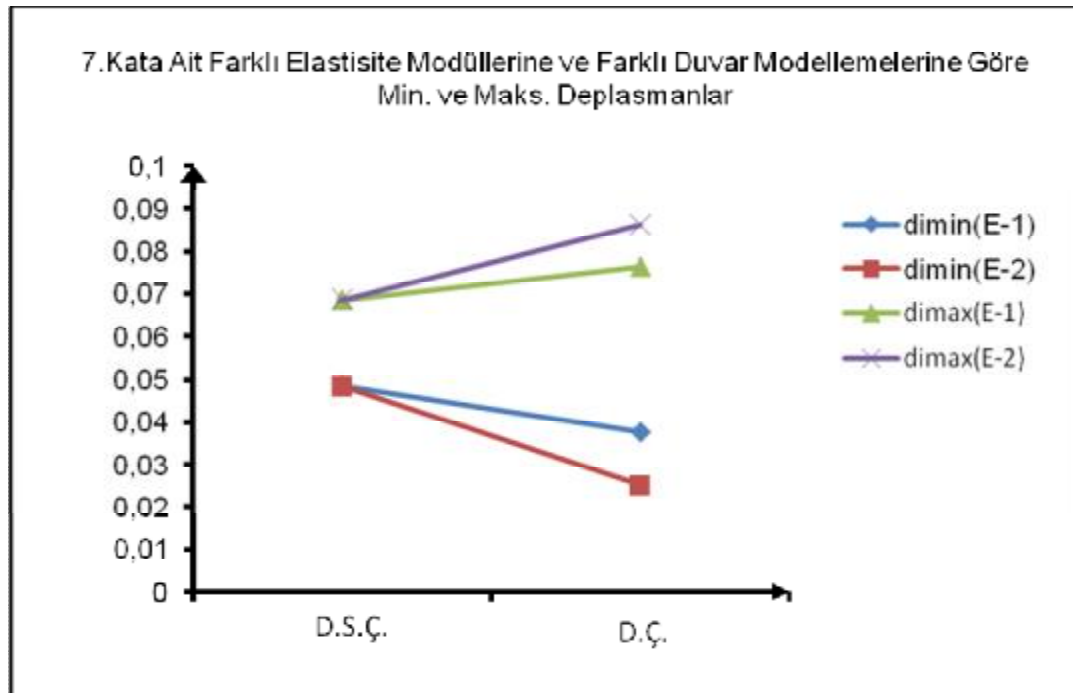
Çerçeve Sistemleri	6.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
	(m)		(m)	
DSÇ	0.043	0.061	0.043	0.061
DÇ	0.034	0.068	0,023	0,076



Şekil 5.85. 8 Katlı Binanın 6. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Çizelge 5.129. 8 Katlı Yapının 7. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

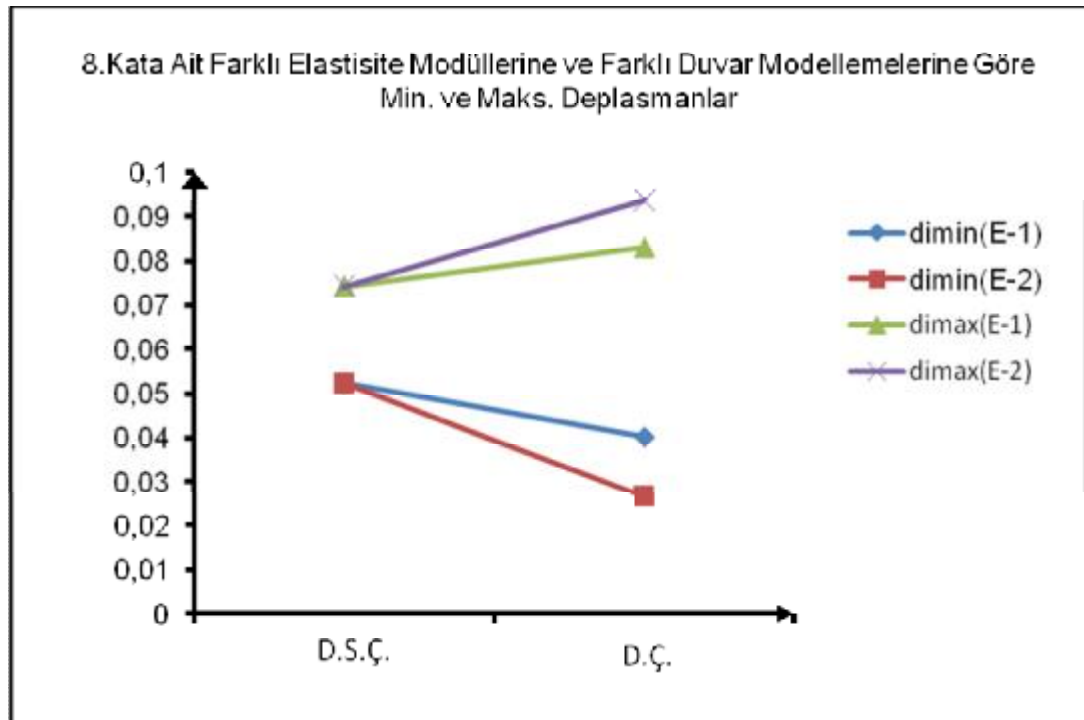
Çerçeve Sistemleri	7.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>min</sub>	(d <sub>i</sub> ) <sub>max</sub>
	(m)		(m)	
DSÇ	0.049	0.069	0.049	0.069
DÇ	0.038	0.077	0,025	0,086



Şekil 5.86. 8 Katlı Binanın 7. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Çizelge 5.130. 8 Katlı Yapının 8. Katının Y Yönünde Minimum ve Maksimum Deplasmanları

Çerçeve Sistemleri	8.KAT			
	Minimum ve Maksimum Deplasmanlar			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$	$(d_i)_{min}$	$(d_i)_{max}$
	(m)		(m)	
DSÇ	0.052	0.074	0.052	0.074
DÇ	0.040	0.083	0,027	0,093



Şekil 5.87. 8 Katlı Binanın 8. Katının Min. ve Maks. Kat Deplasman Değerleri

Şekil 5.80'den Şekil 5.87'ye kadar olan şekil dizinlerinden de görüldüğü gibi ikinci, dördüncü, altıncı ve sekizinci katlara A aksı boyunca yerleştirilen dolgu duvarların analizleri sonucunda boş çerçeve, duvarlı çerçeve ve duvar modellemesinde farklı elastisite modülüne göre elde edilen kat deplasman değerlerinin min. değerleri elastisite modülü arttıkça ve alt katlara doğru azalmakta, bu değer düşüşünde boş çerçeveye karşılaştırıldığında, basınç çubuğu yöntemiyle çözülen duvarlı çerçeve modelinde görülürken, maks. değerleri ise elastisite modülü arttıkça ve alt katlara doğru artmakta, bu değer artışında boş çerçeveye karşılaştırıldığında, basınç çubuğu yöntemiyle çözülen duvarlı çerçeve modelinde görülürken ara katlara atılan duvarların sistemin davranışına yapmış olduğu etkilerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### **5.2.6.2.(4). Binanın A1-Burulma Düzensizliği Kontrolü**

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan A1-Burulma Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Farklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm duvarsızçerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu tüm katlarda Burulma Düzensizliği Katsayısı ( $\eta_{bi}$ ) 1.20'den küçük çıkarken, duvarlı model örneklerinin analizi sonucunda ise sistemde burulma düzensizliği çıkmıştır. Hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayıları Çizelge 5.136'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.131. 8 Katlı Yapının Y Yönünde Burulma Düzensizliği Kontrolü

Kat No	Burulma Katsayıları( $h_{bi}$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
8	1,194	1,433	1,194	1,664
7	1,191	1,371	1,191	1,575
6	1,182	1,379	1,182	1,604
5	1,176	1,341	1,176	1,537
4	1,171	1,359	1,171	1,596
3	1,165	1,314	1,165	1,503
2	1,157	1,324	1,157	1,551
1	1,146	1,264	1,146	1,418

#### 5.2.6.2.(5). Binanın B2-Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Yapı birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan B2-Yumuşak Kat Düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Çerçeve modellerinin duvarsız olarak yapılan analizinde 2. Katta Rijitlik Düzensizlik Katsayısı ( $\eta_{ki}$ ) 2'den büyük çıkarken, dolgu duvarlı olarak ve duvar elastisite modülünün artışıyla bu düzensizliğin tamamen ortadan kalkmamasına rağmen olumlu yönde etkilendiği görülmüştür.

Çizelge 5.132. 8 Katlı Yapının Y yönünde Yumuşak Kat Düzensizliği Kontrolü

Kat No	Yumuşak Kat Düzensizliği Katsayıları( $h_{ki}$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DSÇ	DÇ	DSÇ	DÇ
8	0,74	0,73	0,74	0,71
7	0,79	0,80	0,79	0,84
6	0,85	0,84	0,85	0,81
5	0,91	0,92	0,91	0,93
4	1,00	0,98	1,00	0,97
3	1,17	1,18	1,17	1,20
2	2,11	2,07	2,11	2,01
1	-	-	-	-

#### 5.2.6.2.(6). Binanın Göreli Kat Ötelemesi

Farklı elastisite değerleri dikkate alınarak tüm çerçeve modelleri için yapılan deprem analizi sonucu göreli kat ötelemeleri hesaplanmıştır.

Çizelge 5.133. 8 Katlı YapınınY Yönünde Görelî Kat Ötelenmesi Kontrolü

Kat No	Görelî Kat Ötelenmesi Katsayıları(( $\delta_i$ ) $\max$ /h $_i$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DŞÇ	DÇ	DŞÇ	DÇ
8	0,011	0,009	0,011	0,009
7	0,014	0,013	0,014	0,013
6	0,018	0,017	0,018	0,016
5	0,021	0,020	0,021	0,019
4	0,023	0,022	0,023	0,020
3	0,023	0,022	0,023	0,021
2	0,020	0,019	0,020	0,018
1	0,009	0,009	0,010	0,009

#### 5.2.6.2.(7). Binanın İkinci Mertebe Kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını esas alan ikinci mertebe etkileri göz önüne alınarak, İkinci Mertebe Gösterge Değeri ( $\theta_i$ ) tüm çerçeve modelleri için hesaplanmıştır. Bu değerler 0.12'den küçük çıkmıştır.

Çizelge 5.134. 8 Katlı Yapının Y Yönünde İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü

Kat No	İkinci Mertebe Değeri ( $\theta_i$ )			
	E-1 (1000) MPa		E-2 (2850) MPa	
	DSÇ	DÇ	DSÇ	DÇ
8	0,010	0,009	0,010	0,009
7	0,017	0,016	0,017	0,015
6	0,024	0,022	0,024	0,020
5	0,032	0,029	0,032	0,027
4	0,038	0,035	0,038	0,032
3	0,042	0,039	0,042	0,037
2	0,040	0,037	0,040	0,034
1	0,021	0,020	0,021	0,019



## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, iki kısımda düşünülmüştür. İlk olarak duvarı meydana getiren tuğla ve harç malzemelerinin birlikte oluşturduğu etkilerin araştırılması amacıyla, çeşitli boyutlarda prizma ve paneller zayıf ve güçlü harç kombinasyonlarıyla farklı üç tip tuğla kullanılarak hazırlanmıştır. Oluşturulan prizma ve paneller, düşey yönde üniform basınç yükü etkisi altında deneye tabi tutularak tuğla dolgu duvarın elastisite modülü, gerilme deformasyon, yük deplasman vb. karakteristik özellikleri araştırılmıştır. İkinci kısımda ise dolgu duvar modelleri için yapılan teorik çalışmaları dikkate alınarak elde edilmiş duvar malzemeleri, eşdeğer basınç çubuğu ve sonlu elemanlar yaklaşımı kullanılarak iki boyutlu düzlem çerçeve ve üç boyutlu bina örnekleri oluşturularak duvarlı ve duvarsız modellenmiş ve DBYBHY 2007'ye göre deprem analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, dolgu duvarın yapının davranışı, periyodu, taban kesme kuvveti ve deplasmanları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Deneysel ve teorik elde edilen sonuçlar;

Tuğla duvarın elastisite modülü yapılan bazı çalışmalar sonucu araştırılmış ve araştırmacıların kullandıkları değerlerin betonun elastisite modülüne oranları tespit edilmiştir. Tuğla duvar elastisite modülü değerleri 713 MPa – 17000 MPa arasında değişmektedir. Bu değerler kullanılan beton sınıfına göre beton elastisite modülünün 1/40 – 1/2 oranları arasında değerler almaktadır. DBYBHY 2007'de boşluklu fabrika tuğlası için elastisite modülü 1000 MPa'dır. Tüm bu değerler göz önünde tutularak tuğla duvar elastisite modülü en az 1000 MPa ve en çok 4272 MPa'dan daha az bir değer olarak kullanılmalıdır. Binalarda kullanılan beton sınıflarının C20 – C50 arasında olduğunu kabul edersek, beton sınıfının elastisite modüllerinin 1/28 – 1/15 arasında hesaplanan değerler 1000 MPa – 2467 MPa arasında değişmekte ve bu değer aralığı boşluklu tuğlanın elastisite modülü için uygun bir aralık olmaktadır.

Yapılan örneklerde değişken faktörler duvar ve elastisite modülü olarak öngörüldüğü için, uygulama örneklerinin hepsinde analiz sonuçlarına göre deplasman değerlerinin azaldığı, rijitliğin arttığı periyodun azaldığı ve olumsuz sadece taban kesme kuvvetinin arttığı sonuçlar görülmüştür.

Yapılan tez çalışmasının deneysel kısmında yatay delikli, delikli pres ve dolu pres tuğla olarak 3 çeşit alınan ve güçlü (3:1) ve zayıf (6:1) olarak 2 çeşitte hazırlanan harçlarla çeşitli boyutlarda tek sıralı, prizma ve panel tarzında duvar numuneleri hazırlanmış ve malzeme özellikleri, harç tuğla etkileşiminin bu özelliklere etkisi bakımında araştırılmıştır.

Yatay delikli tuğlalar piyasa koşullarında hafifliği ve ekonomikliği bakımından bölme duvar oluşturmada sıklıkla tercih edilmektedir. Ancak, diğer delikli ve dolu pres tuğlaya nazaran basınç dayanımı düşüktür ve düşük elastisite modülü değerini vermektedir. Bu inceleme zayıf harç kombinasyonu ile birleşince dayanım gittikçe düşmüş hemen hemen güçlü harçlı malzeme dayanımının yarısına karşılık geldiği görülmüştür. Yapılan tek sıralı, prizma ve panel yatay delikli tuğla numunelerinin elastisite modülü değerleri nin yapılan karşılaştırılmasında, yatay delikli tuğla için prizma modellerinin panel ve tek sıralı numunelere göre daha büyük bir elastisite modülü değeri verdiği bununda harç türüne göre değiştiği güçlü harca ait panellerin zayıf harçlı panellerden daha büyük yük, elastisite modülü ve gerilmeye sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca deneysel kısmın sonunda verilen tablolar ve material ve metod bölümünde verilen elastisite modülü değerleriyle ilgili kıyaslamalar güvenli açıdan elastisite modülü değerinin artmasının sayısal kısımdaki duvar örnek kısımlarındaki sonuçlara göre uygun olacağı düşünülmektedir.

Ayrıca TDL1 ve DGK1 numunelerinde 20 t kapasiteli yük ile kırılmamış ama ilgili deney dataları deneysel kısımda verilmiştir. 4. Bölümde verilen Çizelge 6.31’de de görüleceği üzere dolu ve delikli pres tuğlalar sıvanın gerekmediği ve görüntünün önemli olduğu yerlerin dışında, taşıma kapasitesi ve elastisite modülü değerinin büyük değerler alması gerekli olan taşıyıcı duvarlarda güvenle kullanılabilir. Ancak ekonomi ve binaya getirdiği ağırlıklarda kontrol edilmelidir. Zayıf ve güçlü harçlı kombinasyonlu örneklerde büyük yük değerlerinde ya numune taşıma kapasitesine ulaşmış ya da yükleme kapasitesi yetersiz kalmıştır. Bu tür tuğlalar yatay delikli tuğlalara göre yüksek dayanımlı olduğu görülmüştür. Tablodan da görüleceği üzere önerdiğimiz minimum elastisite modülü bu tür tuğlayla yapılan hesaplamalarda  $5000 \text{ N/mm}^2$  olarak uygun görülmüştür. Deneysel kısımda numune detayları ve ilgili standart ve kabullere göre yaklaşık yüzdeleri verilmiştir. Deneyler sırasında yatay

delikli tuğlalardan oluşturulan panellerin 10 t'dan sonra çatlamaya başladıkları, dolu ve delikli pres tuğladan oluşturulan panellerin ise 20-30 t civarında çatlamaya başladıkları yani 2 veya 3 kat fazla yük taşıdıkları görülmüştür

4. Bölüm'de Çizelge 4.32'ye göre deneyde bulunan elastisite modülü değerlerinin oranları karşılaştırılmıştır. Kıyaslamada elde edilen değerler sıfıra yakınsadıkça, deney numunesiyle ilgili standart veya kabulün arasındaki fark artmaktadır. Deney sonucunda elde edilen oransal değer 1 ve 1'e yakınsadıkça aradaki fark azalmakta ve elde edilen sonuç 1'den uzaklaştıkça deney sonuçları, ilgili standart ve kabulden o oranda uzaklaşmaktadır. TDY2007 kıyaslamasında, dolu ve delikli pres tuğlaların küçük boyutlu prizma numunelerinde sonucun sıfıra yaklaştığı, panellerinde ise 1 den uzaklaştığı görülmüştür. Fema(306) sonucunun kıyaslamasında, sonuçların 0,97 ile 3.97 arasında değiştiği, Paula ve Priestley karşılaştırılmasında, 0.31 ile 3.06 arasında değiştiği ve çok uzaklaşmadığı, Çıtıptıoğlu'nun sonucuyla oranlandığında ise elde edilen oranların 0.22 ile 2.18 arasında değiştiği ve en iyi sonucun bire bir olarak ACI(1999)'a göre elde edildiği görülmektedir. Laboratuvar koşullarında elde ki imkanlarla en fazla 55 t'a kadar yükleme yapılabilindiğinden, DLPG1 dolu pres tuğlayla oluşturulan güçlü harçlı panelin elastisite modülü değeri gösterilememiş, ancak 4. Bölümde bu numunenin 55t'a kadar kaydedilen yükleme değerine ait yük-deplasman ve gerilme-deformasyon eğrileri verilmiştir.

Düzlem çerçevelerin analizi sonucunda dolgu duvar modelli çerçevelerle dolgu duvar modelsiz çerçevelerin deplasman değişimleri incelenmiştir. Dolgu duvarın eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesi sonucu tüm düzlem çerçeve modelleri için boş çerçeveye göre deplasman değerleri % 65.87 - %76.52 arasında azalırken, sonlu elemanlar modelinde bu değerler % 93.68 - % 96.00 arasında azalmıştır. Dolgu duvarlı çerçeve duvarsız çerçeveye göre daha rijit davranış sergilemiştir. Ayrıca dolgu duvarın çerçeveden ayrılmasını ve kayma gerilmesini dikkate almadan birinci tip sonlu elemanlarla modellenmesinin doğru olmadığı görülmüştür.

İleriye yönelik olarak, yapılan çalışmanın daha yüksek kapasiteli aletlerle, tuğla sayısını ve harç karışım türlerinin farklı oranlarda kireç ilavesiyle genişleterek yapılması halinde daha güzel sonuçlar ve daha net ifadeler elde edilebileceği, düşey

ve yatay yük kombinasyonlarıyla, çerçevelerinde ilave edilerek yapılacağı deneylerle davranış daha gerçekçi olarak ele alınabilecek ve bir çok numuneyle pratikte kullanılabilir daha spesifik değerlerin önerilebileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- ACI 530-95, 1999. Building Code Requirements for Masonry Structures. ASCE 595, Washington.
- ACHYUTHA, H., JAGADISH, R., RAO, P. S., AND RAHMAN, S.S., 1986. Finite Element Simulation of Elastic Behaviour of Infilled Frames with Openings, Computers and Structures, Vol. 23, No. 5, pp. 685-696.
- ALSHEBANI, M. M., AND SINHA, S. N., 1999. Stress-Strain Characteristics Of Brick Masonry Under Uniaxial Cyclic Loading. Journal of Structural Engineering, Vol. 125, No. 6. pp.600-604.
- ALTIN, S., ANIL, Ö., 2006. Parçasal Betonarme Dolgu Duvarlı Çerçeveselerin Davranışı, İMO, İzmir Şubesi Haber Bülteni, Sayı 127, 127-135s
- ANIL, Ö., 2002. Betonarme Çerçeveselerin Boşluklu Betonarme Dolgu Duvarlar İle Güçlendirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 245s.
- ARULSELVAN, S., SUBRAMANIAN, K., PERUMALPILLAI, E.B. AND SANTHAKUMAR, A.R., 2007. RC Infilled Frame RC Plane Frame Interactions for Seismic Resistance, Journal of Applied Sciences 7 (7): 942-950.
- ASTERIS, P. G., 2003. Lateral Stiffness of Brick Masonry Infilled Plane Frames. Journal of Structural Engineering, Vol. 129, No. 8. pp.1071-1079
- AXLEY, J.M., BERTERO, V.V. 1979. Infill Panels: Their Influence On Seismic Response Of Buildings, EERC, Rep. 28, University of California, Berkeley.
- ATIMTAY, E., 2000. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. Bizim Büro Basımevi, Ankara, Cilt No:1, 544s.
- AYDOĞDU, İ., 1995. Dolgu Duvarlı Çerçeveselerin Davranışı. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 29s.
- BABAYEV, Z., EYYUBOV C., MURAT İ. AND ASKEROV C., 2002. Kireç Taşıyla Yapılmış Taşıyıcı Duvarların Düşey ve Yatay Yüklerin Etkisi Altındaki Davranışının Araştırılması. ACE Beşinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, İTÜ, İstanbul.

- BAYÜLKE, N., 1989. Depremler ve Depreme Dayanıklı Betonarme Yapılar Teknik Yayınevi, Ankara. 75s.
- BAYÜLKE, N., 2003. Betonarme Yapının Dolgu Duvarı. Türkiye Mühendislik Haberleri, 4, 426, 85-98.
- BEKLEN, C., 2009. Binalarda Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 126s.
- BELL, D. K., AND DAVIDSON B.J., 2001. Evaluation of Earthquake Risk Buildings with Masonry Infill Panels, NZSEE 2001 Conference, Paper No.4.02.01, Wairakei Resort, Taupo. 10p.
- BENJAMIN, J. E., AND WILLIAMS, H. A., 1958. The Behavior Of One Story Brick Shear Walls. J. Struct. Div., ASCE, pp.84-4.
- BROKKEN, S. AND T., BERTERO, V. V., 1981. Studies on Effect of Infills in Seismic Resistant R/C Construction. Rep. EERC 81-12, Univ. Of California, Berkeley, Calif.
- BUDAK, A., 1997. Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Hesabı. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 125s.
- BUONOPANE, S. G., WHITE, R. N., 1999. Pseudodynamic Testing of Masonary Infilled Reinforced Concrete Frames, ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 125, No. 6, pp. 578-589.
- BURNS, P. D., 1972. Unreinforced Brick Masonry Walls Under Vertical Loads. A Degree Of Master Of Science Thesis in Civil Engineering, McGill University, 90p.
- CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION, 2004. Design of Masonry Structures, CSA Standard S304. Ontario, Canada.
- CANBAY, E., 2001. Contribution of R/C Infills to the Seismic Behaviour of Structural System. A Doctor of Philosophy Thesis in Civil Engineering, Middle East Technical University, 162p.
- CELEP, Z., KUMBASAR, N., 2000, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım, Beta Dağıtım. 596 s., İstanbul.
- ÇAĞLAYAN, E., 2006. Betonarme Çerçevelerin Yatay Yüklere Göre Analizinde

- Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 47s.
- ÇAĞATAY, İ. H., 2005. Failure Of An Industrial Building During A Recent Earthquake In Turkey. *Engineering Failure Analysis*, 12, pp.497-507.
- ÇAĞATAY, İ. H., BEKLEN, C., 2009. Düzlem Çerçevelerde Kısa Kolon Etkisinin İncelenmesi. *Çukurova Üniv. Müh. Mim. Fakültesi Dergisi*. Cilt.24, Sayı.1-2. Adana.
- ÇİTİPİTİOĞLU, E., YILMAZ, Ç., AKKAŞ, N., DEĞER, E. M., 1997. Taşıyıcı Olmayan Bölme Duvarların Deprem Davranışına Katkıları Ve Sonuçların Deprem Yönetmeliğine Uyarlanması. İNTAG/TOKİ-531.ODTÜ Deprem Mühendisliği Arş. Merk.110s.
- DHANASEKAR, M. AND PAGE, A. W. 1986. The Influence of Brick Masonary Infill Properties on the Behavior of Inlled Frames. *Proc. Instn.of Civ. Engrs*, Part 2, pp 593-605.
- DHANASEKAR, M. KLEEMAN, P.W., AND PAGE , A. W., 1985. Biaxial Stress-Strain Relations For Brick Masonry, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol.111, No. 5. pp 1085-1100.
- DIPTESH, D., AND MURTY, C.V.R. 2004. Brickmasonry Infills in Seismic Design Of RC Framed Buildings: Part1-Cost Implications. *The Indian Concrete Journal*, 78(4) , 39-44
- DÜNDAR, E., 2007. Çok Katlı Betonarme Yapılarda Bölme Duvarlarının Deprem Davranışına Etkisi. Yüksek Lisan Tezi, Çukurova Üniversitesi, 169s.
- ERÇETİN, İ., 2004. Düzensiz Betonarme Yapılarda Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, 140s.
- ERKAYA, T. A., 1999. Betonarme Çerçeve Yapılarda Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 71s.
- ERSOY, U., AND UZSOY, S., 1971. The Behavior and Strength of Infilled Frames, TUBITAK MAG-205 Report, Ankara, 95 p.
- FEMA-178, 1989. A Handbook for Seismic Evaluation of Existing Buiidings (Preliminary). *Earthquake Hazards Reduction Series* 47.

- FEMA-273 1997. NEHRP Guidelines For The Seismic Rehabilitation Of Buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- FEMA-306 1999. Evaluation Of Earthquake Damaged Concrete And Masonry Wall Buildings – Basic Procedures Manual. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- FEMA-307 1999. Evaluation Of Earthquake Damaged Concrete And Masonry Wall Buildings – Technical Resources. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- FIORATO, A. E., SÖZEN, M. A. AND. GAMBLE, W. L., 1970. An Investigation of the Interaction of Reinforced Concrete Frames with Masonry Filler Walls. Univ. Of Illinois, Civ. Eng. Studies, Struct. Res. Series No.370. 492p.
- GOVINDAN, P., LAKSHMIPATY, M. AND SANTHAKUMAR, A. R., 1986 Ductility Of Infilled Frames. A.C.I. Journal, pp 567-576.
- GÖKALP, A. C., 2009. Yatay Yüklere Maruz Kalan Düşük Dayanımlı Betonarme Çerçeve Sistemlerde Bölme Duvarının Yapıya Olan Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, 86s.
- GUMASTE, K. S., NANJUNDA RAO , VENKATARAMA REDDY B. V. AND JAGADISH, K.S., 2006. Strength And Elasticity Of Brick Masonry Prisms And Wallettes Under Compression. Materials and Structures 40:241–253 DOI 10.1617/s11527-006-9141-9
- GÜLKAN, P. AND WASTI, T., 1993. Çerçeve Dolgu Etkileşmesi: Lineer Olmayan Bir İrdeleme. Türkiye İnşaat Mühendisliği XII. Teknik Kongre, 25-27 Mayıs 1993, Bildiriler Kitabı, 39-52.
- GÜNEY, E. M., 2005. A Numerical Procedure For The Nonlinear Analysis Of Reinforced Concrete Frames With Infill Walls, A Degree Of Master Of Science Thesis in Civil Engineering, Middle East Technical University, 125p.
- GÜNEY, D. ve BODUROĞLU, M. H., 2006. Deprem Etkisi Altındaki Simetrik ve Asimetrik Yapıların, Lineer Olmayan Tepkilerine Dolgu Duvarlarının Katkısı. İTÜ Mühendislik Dergisi/d, 5, 3, Kısım:2, 165-174.

- HOLMES, M., 1961. Steel Frames With Brickwork And Concrete Infilling, Proceedings Of The Institution Of Civil Engineers 19, 473–478 (eISSN 1753-7789).
- KAUSHİK, H. B., RAI, D. C., And JAIN. S. K., 2007. Uniaxial Compressive Stress–Strain Model For Clay Brick Masonry. Current Science, Vol. 92, No. 4, 497-501p.
- KALTAKCI, M.Y., KÖKEN, A., 2003. Tuğla Dolgu Duvarlı Çerçeveselerin Tersinir Tekrarlı Yükler Altında Davranışı. TÜBİTAK Destekli Araştırma Projesi No: INTAG 569, Ankara, 2003.
- KARADUMAN, A., 2005. Dolgu Duvarlı Çerçeveselerin Yatay Yükler Altındaki Davranışları Üzerine Deneysel Bir Çalışma. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Pamukkale, 11, 3, 345-349.
- KARSLIOĞLU, Ö., 2005. Çok Katlı Binalarda Bulunan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 79s.
- KIZILOĞLU, Y. M., 2006. Deprem Etkisi Altında Dolgu Duvarların Betonarme Çerçeve Yapılar Üzerindeki Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 94 s.
- KOÇAK, A., (1998), Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Ders Notları., Yıldız Teknik Üniversitesi.
- KLINGER, R.E., AND BERTERO V., 1976. Infilled Frames in Earthquake-Resistant Construction. Report No., Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley. EERC, pp 76-32
- LIAUW, T.C. AND LEE, S.W., 1977. On The Behaviour And The Analysis of Multistorey Infilled Frames Subject to Lateral Loading. Proc., Instn. Of Civ. Engrs., London, England, Part2, Vol.63, pp 641-656.
- LIAUW, T. C., 1979. Test on Multistory Infilled Frames Subjected to Dynamics Lateral Loading, ACI Journal, pp. 551-563.
- LIAUW, T. C., 1980. An Effective Structural System Against Earthquakes-Infilled Frames, Proceeding of the 7<sup>th</sup> WCEE, Vol. 4, Istanbul, pp. 481-185.

- LIAUW, T. C., AND KWAN, K. H., 1985. Initiated Plastic Analysis for Infilled Frames. ASCE, Journal of Structural Division, Vol. 111, No. 7, pp. 1427-1448.
- LİVAOĞLU, R. AND DOĞANGÜN A., 2003. Burulma Düzensizliği Olan Çok Katlı Yapılarda Rijit Ve Esnek Taraflarda Bulunan Elemanların Davranışlarının İrdelenmesi. Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 221-222s.
- MCNARY, W. S., AND ABRAMS, D. P., 1985. Mechanic Of Masonry In Compression. Journal of Structural Engineering, Vol. 111, No. 4. pp 857-870
- MALLICK. D.V. And GARG. R. P., 1971. Effect Of Openings On The Lateral Stiffness Of Infilled Frames. Proceedings Of The Institution Of Civil Engineers, Vol 49, Paper. 7371, pp193-210.
- MALLICK, D. AND V., SEVERN, R., T., 1968. Dynamic Characteristics of Infilled Frames. Proc. Inst. Civ. Engrs, Jan./Apr., 39, pp 261-287.
- MAINSTONE, R.J., 1974. Supplementary Note on the Stiffness and Strengths of Infilled Frames. Building Research Station, UK, Current Paper 13/74.
- MEHRABI, A. B., SHING, P. B., SCHULLER, M. P., AND Noland, J. L., 1996. Experimental Evaluation of Masonry-Infilled R/C Frames, Journal Of Structural Engineering., ASCE, 228p.
- MELI, R. AND BAZAN, E., 1980. Seismic Analysis Of Structures with Masonary Walls. Proceedings of Seventh World Conference on Earthquake Engineering, pp 633-640.
- MONDAL, G., AND JAIN, S. K., 2008. Lateral Stiffness of Masonry Infilled Reinforced Concrete (RC) Frames with Central Opening. Earthquake Spectra , Vol. 24, No. 3, pp 701-723.
- MOHAMMAD, G.; LOURENÇO, P. B.. ROMAN, H. R., 2006. Poisson Behavior Of Bedding Mortar Under Multiaxial Stress State". Proceedings Of the Seventh International Masonry Conference, London, England, 6p.
- MUTLU, M., 2007. Deprem Etkisindeki Betonarme Binalarda Kısa Kolon Etkisinin Doğrusal Olmayan Davranışının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 100 s.

- NARAIN, K., AND SINHA, S., 1989. Loading And Unloadings ' Stress - Strain Curves For Brick Masonry. Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 115, No.10. pp 2631-2644.
- NEGRO, P. AND VERZELETTI G., 1996. Effect of Infills on the Global Behaviour of R/C Frames: Energy Considerations From Pseudo-Dynamic Tests. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.25, No.7, pp 753-773.
- ÖZCEBE, G., ERSOY, U. AND TÜRK, M., 2003. Betonarme Çerçevelerin Betonarme Dolgu Duvarlarla Depreme Karşı Onarım ve Güçlendirilmesi. Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı.
- ÖKTEM, O., 2003. Betonarme Çerçeve Sistemlerinin Lineer Olmayan Hesabı ve Dolgu Duvarların Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 98s.
- ÖZDOĞU, O. Z., 2006. Deprem Etkisi Altındaki Binaların Davranışına Dolgu Duvarların Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 98s.
- ÖZTÜRK, S. M., 2005. Effect Of Masonry Infill Walls On The Seismic Performance Of Buildings, A Degree Of Master Of Science Thesis, Middle East Technical University, 88p.
- PAULAY, T. AND PRIESTLEY M.J.N., 1992. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. New York: John Wiley. pp 767
- POLYAKOV, S. V., 1960. On The Interaction Between Masonry Filler Walls And Enclosing Frame When Loaded In The Plane Of The Wall, Translations in Earthquake Engineering. EERI, San Francisco, pp 36-42.
- RIDDINGTON, J. R. AND STAFFORD, B. S., 1977. Analysis of Infilled Frames Subject to Racking with Design Recommendation. The Structural Engineer, No.6, Vol.55, pp 263-268.
- RIDDINGTON, J. R. 1984. The influence Of Initial Gaps On Infilled Frame Behavior. Proc. Instn. Civ. Engrs., 77, 295-310.
- SACHANSKY, S., AND BRANKOV, G., 1973. Response Of Large Panel Buildings For Earthquake Excitation In Non-Elastic Stage. Proceeding Of The Sixth World Conference On Earthquake Engineering New Delhi, India. Vol.2. 1330p.

- SAYIN, B., 2003. Mevcut Betonarme Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Projelendirilmesi ve Güçlendirilmesi Teknikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü, 107s.
- SAYIN, B., KAPLAN, S. A., 2005. Deprem Etkisi Altındaki Betonarme Yapılarda Dolgu Duvarları Modelleme Teknikleri. Deprem Sempozyumu. Kocaeli, 474-480s.
- SESİĞÜR, H., ÇELİK O. C. AND ÇILI F., 2007. Deprem Riski Düşük Bölgelerde Orta Yükseklikteki Donatılı Gazbeton Binaların Uygulanabilirliği. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- SİVRİ, M., 2003. Dolgulu Çerçevelerin Deprem Davranışı. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü.75s.
- SONUVAR, O., 2001. Hysteretic Response of Reinforced Concrete Specimens Repaired by Means of Reinforced Concrete Infills, PhD Thesis Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara.169s.
- STAFFORD, S. AND CARTER , C., 1969. A Method of Analysis for Infilled Frames. Institution of Civil Engineers (ice), Vol. 44, pp. 31-48.
- STAFFORD, S., 1962. Lateral Stiffness Of Infilled Frames J. Struc. Div. ASCE, Vol. 88, No. 6, pp 183-199.
- STAFFORD, S .,1966. Behaviour Of The Square Infilled Frames. J. Struc. Div. ASCE, Vol. 92, No. 1, pp 381-403.
- STAFFORD, S., 1967. Methods Of Predicting The Lateral Stiffness And Strength Of Multi-Story Infilled Frames. Build. Sci. Vol. 2, Pergomon Press, Oxford. U.K., pp 247-257.
- TARAKÇI, U., 2006. Mevcut Yapıların İncelenmesi Ve Dolgu Duvar Takviyesi İle Güçlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, 102s.
- TEKİN, M ., ALSANCAK, E., AY, M., 2007. Betonarme Çerçevelerde Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi ISSN 1305-1385 C.B.U. Journal of Science , 3.1. 95-104 s.
- TETİK, D., 2007. Dolgu Duvarların Betonarme Yapıların Serbest Titreşimine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi,142s.

- THIRUVENGADAM, V., 1985. On the Natural Frequencies of Infilled Frames  
Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 13, 401-419.
- TOKGÖZ,S.,2006.Öngerilmeli ve Betonarme Elemanların İki Eksenli Eğilme Ve  
Eksenel Yük Etkisi Altındaki Davranışı.Doktora Tezi,Çukurova Üniversitesi,  
259s.
- TÜZÜN, C., 1999. Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçeve Sistemlerin Dinamik Analizi.  
Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 104s.
- TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar  
Hakkında Yönetmelik, 6 Mart 2007 tarih ve 26454 sayılı Resmî Gazete.
- TSE-2848.,1977.KARGİR DUVAR HARÇ STANDARDI,ANKARA.17s.
- VERMELTFOORT, A.T., MARTENS, D.R.W., AND VAN ZIJL G.P.A.G., 2007.  
Brick–mortar interface effects on masonry under compression. Can. J. Civ.  
Eng. 34, pp 1475–1485.
- VINTZELEOU, E. 1989. Infilling of Reinforced Concrete Frames as a Strengthening  
Intervention. Seminar on the Assesment and Redesign of Reinforced  
Concrete Structures, İzmir.
- XIAO, X., 2009. Fracture Mechanics of Masonry. Doctor of Phiolospy Thesis in  
Civil Engineering, CALGARY, ALBERTA, 203 p.
- YALÇIN, E., Dolgu Duvarları ve Konumlarının Çok Katlı Betonarme Yapıların  
Deprem Kuvvetleri Altındaki Davranışına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ,  
67s.
- YORULMAZ, M., ATAN Y.,1971. Çeşitli Forme Yapı Taşlarıyla Yapılmış Duvar  
Nümunelerinin İki İstikametli Yükleme Altında Davranışları.İ.T.Ü. İstanbul.
- YÜCESAN, B., 2005. Betonarme Çerçevelerin Güçlendirilmesinde Yüksek  
Dayanımlı Tuğla Duvarlar. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü, 99s.
- YÜKSEL, İ., 2008. Betonarme Binaların Deprem Sonrası Acil Hasar  
Değerlendirmeleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 260-  
276 s.

- ZARNIC, R. AND TOMASEVIC. M., 1995. Modelling of Response of Masonry Infilled Frame. 10th European Conference on Earthquake Engineering, Rotterdam.
- ZARNIC, R., TOMAZEVIC, M., VELEHOUSKY, T., 1986. Experimental Study of Methods for Repair and Strengthening of Masonry Infilled Reinforced Concrete Frames,.8th European Conference on Earthquake Engineering, Lisbon.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1979 yılında Artvin’de doğdu. İlk öğrenimini Afyon Karahisar’da, orta ve liseyi ise Adana’da birincilikle tamamladı. 1996 yılında girmiş olduğu Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2001 yılında İnşaat Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans Eğitime başladı. 2002 yılında Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Yüksek lisans tezini 2004 yılında tamamladı. Aynı yıl yine aynı bölümde doktora öğrenimine başladı. Halen aynı bölümde doktora çalışmalarına devam etmektedir.