

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BETONARME BİNALARIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİNİN
MİKROTREMOR ÖLÇÜMLERİYLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞAMİL KARAGÖZ

DENİZLİ, EYLÜL - 2014

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BETONARME BİNALARIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİNİN
MİKROTREMOR ÖLÇÜMLERİYLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞAMİL KARAGÖZ

DENİZLİ, EYLÜL - 2014

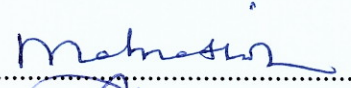
KABUL VE ONAY SAYFASI

ŞAMİL KARAGÖZ tarafından hazırlanan “**BETONARME BİNALARIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİNİN MİKROTREMOR ÖLÇÜMLERİYLE BELİRLENMESİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 04.09.2014 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

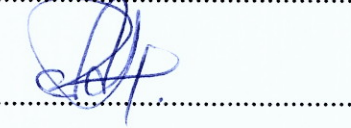
Jüri Üyeleri

İmza

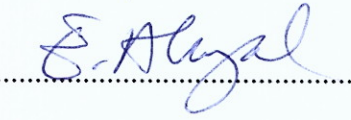
Danışman
Prof. Dr. Mehmet İNEL



Üye
Doç. Dr. Nihat ÇETİNKAYA



Üye
Doç. Dr. Erdal AKYOL



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
10/09/2014 tarih ve 36/22.... sayılı kararıyla onaylanmıştır..



Prof. Dr. Orhan KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.


ŞAMIL KARAGÖZ

ÖZET

**BETONARME BİNALARIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİNİN
MİKROTREMOR ÖLÇÜMLERİYLE BELİRLENMESİ**
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ŞAMİL KARAGÖZ
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. MEHMET İNEL)

DENİZLİ, EYLÜL - 2014

Mikrotremor ölçümleri, yapıların dinamik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan deneysel bir yöntemdir. Bu çalışma mevcut betonarme binaların dinamik özelliklerinin belirlenmesini hedeflemektedir. Tez çalışması kapsamında 23 adet yeni yapılan konut, 5 adet depremde hafif hasar alan konut ile 5 adet depremde hafif hasar alan kamu binasında ölçüm alınmıştır. Yeni yapılardan 6 adedinde duvarlı ve duvarsız durumda ölçümler alınarak duvar etkisi incelenmiştir. 5 adet hafif hasarlı konut yapısında da güçlendirme öncesi ve sonrası ölçümler yapılarak güçlendirmenin bina davranışı üzerindeki etkileri irdelenmiştir. Yeni binalardan ve hafif hasarlı konut binalarından seçilen 5 adet bina analitik olarak modellenmiş ve ölçüm sonuçları ile analitik sonuçlar kıyaslanmıştır. Elde edilen verilere göre, mikrotremorün binaların dinamik özelliklerini belirlemede pratik bir araç olduğu açıktır. Ancak, ölçüm ile analitik periyotlar arasındaki fark modellemede yapılan kabullerin geçerliliğinin sorgulanması gerektiğini göstermektedir. Yeni yapılan bina periyotlarının ölçülen değerlere yakın hesaplanabilmesine rağmen, hafif hasarlı güçlendirme öncesi ve sonrası bina periyotlarında öngörülemeyen farklar olduğu gözlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Betonarme Binalar, Mikrotremor, Yapı Periyodu, Dinamik Özellikler

ABSTRACT

DETERMINING DYNAMIC CHARACTERISTICS OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS USING MICROTREMOR RECORDS

MSC THESIS

ŞAMİL KARAGÖZ

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
CIVIL ENGINEERING**

(SUPERVISOR:PROF. DR. MEHMET İNEL)

DENİZLİ, SEPTEMBER 2014

Microtremor measurement is an experimental method used to determine the dynamic properties of structures. This study aims to determine dynamic characteristic of existing reinforced concrete (RC) buildings. In the scope of the study, 23 new constructed RC residential building, 5 slightly damaged RC residential buildings and 5 slightly damaged RC public buildings have been considered. The effect of walls using 6 new constructed buildings has been investigated while the effect of strengthening were studied for slightly damaged RC residential buildings. Besides, five buildings are modelled analytically to compare measured and analytically determined periods. According to the obtained data, the microtremor is practical instrument to obtain dynamic characteristic of existing buildings. However, the differences between measured and analytically calculated periods indicate difficulties in modelling. Although measured and analytical period of new constructed buildings are close enough, there are unpredictable differences in periods for the slightly damaged buildings

KEYWORDS: Dynamic characteristics of buildings, Microtremor, Reinforced concrete buildings, Structural period

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
KISALTMALAR	ix
ÖNSÖZ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Önemi	1
1.2 Tezin Amaç ve Kapsamı	2
1.3 Literatür Özeti	2
2. MİKROTREMOR ÖLÇÜMÜ	6
2.1 Mikrotremor Ölçümlerinin Değerlendirilmesi ve Yöntemler	8
2.2 Kullanılan Programlar ve Özellikleri	9
2.3 Kaydedilen Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi	14
2.4 Mevcut Yapı Titreşim Periyodu ve Spektrumlarının Belirlenmesi....	15
3. BİNA ÖZELLİKLERİ.....	17
3.1 Denizli Bölgesinde Yer Alan Binalar.....	17
3.2 Simav Bölgesinde Yer Alan Binalar	24
3.2.1 Hafif Hasarlı Konut Yapıları	24
3.2.2 Hafif Hasarlı Kamu Binaları.....	30
3.3 Çalışma Kapsamında Oluşturulan Bina Setleri.....	31
4. FOURİER GENLİK SPEKTRUMLARININ ELDE EDİLMESİ.....	33
4.1 Örnek Bina İçin Fourier Genlik Spektrumlarının Elde Edilmesi	33
5. ÖLÇÜMLERDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR	44
5.1 Denizli ve Çevresindeki Binalarda Yapılan Çalışma Sonuçları.....	44
5.1.1 Dolgu Duvar Uygulaması Öncesi Ölçüm Sonuçları.....	44
5.1.2 Dolgu Duvar Uygulaması Sonrası Ölçüm Sonuçları	51
5.2 Simav ve Çevresindeki Binalarda Yapılan Çalışma Sonuçları	58
5.2.1 Hafif Hasarlı Binalarda Güçlendirme Öncesi Yapılan Ölçüm Sonuçları	58
5.2.2 Hafif Hasarlı Binalarda Güçlendirme Sonrası Yapılan Ölçüm Sonuçları	64
5.3 Hafif Hasarlı Kamu Binalarından Elde edilen Sonuçlar	70
6. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	75
6.1 Dolgu Duvar Etkisinin Bina Davranışı Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi	75
6.2 Güçlendirme Uygulamasının Bina Davranışı Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi	81
6.3 Nümerik Analiz Sonuçları ile Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması.....	88

6.4	Hasarlı ve Hasarsız Binaların Rijitlik Yönünden Karşılaştırılması....	95
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER	98
8.	KAYNAKLAR.....	101
9.	ÖZGEÇMİŞ	104

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Mikrotremor Ölçüm Cihazı ve Ekipmanları.....	7
Şekil 2.2: Scream! Programına ait ana pencere	11
Şekil 2.3: Dizüstü bilgisayarda tanımlanan seri port	12
Şekil 2.4: Geopsy Programı Ana Ekranı	13
Şekil 3.1: S1-02 Nolu Binaya ait Bilgiler	18
Şekil 3.2: S1-12 Nolu Binaya ait Bilgiler	19
Şekil 3.3: S1-15 Nolu Binaya ait Bilgiler	20
Şekil 3.4: S1-18 Nolu Binaya ait Bilgiler	21
Şekil 3.5: S1-19 Nolu Binaya ait Bilgiler	22
Şekil 3.6: S1-20 Nolu Binaya ait Bilgiler	23
Şekil 3.7: S2-01 Nolu Binaya Ait Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Kalıp Planları	25
Şekil 3.8: S2-02 Nolu Binaya Ait Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Kalıp Planları	26
Şekil 3.9: S2-03 Nolu Binaya Ait Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Kalıp Planları	27
Şekil 3.10: S2-04 Nolu Binaya Ait Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Kalıp Planları	28
Şekil 3.11: S2-05 Nolu Binaya Ait Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Kalıp Planları	29
Şekil 3.12: S3-01 Nolu Binaya ait Kalıp Planı	30
Şekil 3.13: S3-04 Nolu Binaya ait Kalıp Planı	30
Şekil 3.14: S3-05 Nolu Binaya ait Kalıp Planı	31
Şekil 4.1: Mikrotremor ölçümü yapılan bina (S1-12 Nolu Bina)	34
Şekil 4.2: Mikrotremor ölçümü yapılan bina ait Zemin Kat Planı (S1-12 Nolu Bina)	34
Şekil 4.3: Seçilen Kayıtlardan Grafik Elde Edilmesi.....	35
Şekil 4.4: Spectrum'un Seçilmesi	35
Şekil 4.5: Kayıtların Pencerelemesi İşlemi	36
Şekil 4.6: Kayıtların Filtrelenmesi	36
Şekil 4.7: Seçilen Kayıtların Filtreleme Aralıkları	37
Şekil 4.8: 2. Normal Kata ait genlik spektrumu.....	38
Şekil 4.9: S1-12 Nolu Bina için Kuzey-Güney (N-S) Doğrultusu Spektrum Grafiği	42
Şekil 4.10: S1-12 Nolu Bina için Doğu-Batı (E-W) Doğrultusu Spektrum Grafiği	42
Şekil 5.1: S1-02 nolu binaya ait dolgu duvar öncesi spektrum grafikleri.....	45
Şekil 5.2: S1-12 nolu binaya ait dolgu duvar öncesi spektrum grafikleri.....	46
Şekil 5.3: S1-15 nolu binaya ait dolgu duvar öncesi spektrum grafikleri.....	47
Şekil 5.4: S1-18 nolu binaya ait dolgu duvar öncesi spektrum grafikleri.....	48
Şekil 5.5: S1-19 nolu binaya ait dolgu duvar öncesi spektrum grafikleri.....	49
Şekil 5.6: S1-20 nolu binaya ait dolgu duvar öncesi spektrum grafikleri.....	50
Şekil 5.7: S1-02 nolu binaya ait dolgu duvar sonrası spektrum grafikleri.....	52
Şekil 5.8: S1-12 nolu binaya ait dolgu duvar sonrası spektrum grafikleri.....	53
Şekil 5.9: S1-15 nolu binaya ait dolgu duvar sonrası spektrum grafikleri.....	54

Şekil 5.10: S1-18 nolu binaya ait dolgu duvar sonrası spektrum grafikleri.....	55
Şekil 5.11: S1-19 nolu binaya ait dolgu duvar sonrası spektrum grafikleri.....	56
Şekil 5.12: S1-20 nolu binaya ait dolgu duvar sonrası spektrum grafikleri.....	57
Şekil 5.13: S2-01 nolu binaya ait güçlendirme öncesi spektrum grafikleri.....	59
Şekil 5.14: S2-02 nolu binaya ait güçlendirme öncesi spektrum grafikleri.....	60
Şekil 5.15: S2-03 nolu binaya ait güçlendirme öncesi spektrum grafikleri.....	61
Şekil 5.16: S2-04 nolu binaya ait güçlendirme öncesi spektrum grafikleri.....	62
Şekil 5.17: S2-05 nolu binaya ait güçlendirme öncesi spektrum grafikleri.....	63
Şekil 5.18: S2-01 nolu binaya ait güçlendirme sonrası spektrum grafikleri.....	65
Şekil 5.19: S2-02 nolu binaya ait güçlendirme sonrası spektrum grafikleri.....	66
Şekil 5.20: S2-03 nolu binaya ait güçlendirme sonrası spektrum grafikleri.....	67
Şekil 5.21: S2-04 nolu binaya ait güçlendirme sonrası spektrum grafikleri.....	68
Şekil 5.22: S2-05 nolu binaya ait güçlendirme sonrası spektrum grafikleri.....	69
Şekil 5.23: S3-01 Nolu Binaya ait Spektrumlar.....	71
Şekil 5.24: S3-03 Nolu Binaya ait Spektrumlar.....	72
Şekil 5.25: S3-04 Nolu Binaya ait Spektrumlar.....	73
Şekil 5.26: S3-05 Nolu Binaya ait Spektrumlar.....	74
Şekil 6.1: S1-02 nolu binaya ait spektrum karşılaştırması.....	77
Şekil 6.2: S1-12 nolu binaya ait spektrum karşılaştırması.....	78
Şekil 6.3: S1-15 nolu binaya ait spektrum karşılaştırması.....	79
Şekil 6.4: Dolgu Duvar Öncesi ve Sonrası Ölçülen Bina Hâkim Periyotları....	80
Şekil 6.5: Dolgu Duvar Uygulaması Yapılan Binalarda Ölçülen Hâkim Periyot Azalması	80
Şekil 6.6: S2-01 nolu binaya ait spektrum karşılaştırma grafikleri.....	82
Şekil 6.7: S2-02 nolu binaya ait spektrum karşılaştırma grafikleri.....	83
Şekil 6.8: S2-03 nolu binaya ait spektrum karşılaştırma grafikleri.....	84
Şekil 6.9: S2-04 nolu binaya ait spektrum karşılaştırma grafikleri.....	85
Şekil 6.10: S2-05 nolu binaya ait spektrum karşılaştırma grafikleri.....	86
Şekil 6.11: Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Ölçülen Bina Hâkim Periyotları	87
Şekil 6.12: Güçlendirme Yapılan Binalarda Ölçülen Hâkim Periyot Azalması.....	87
Şekil 6.13: Set 1 Binaları için Dolgu Duvarsız Ölçümler ile Nümerik Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	90
Şekil 6.14: Set 1 Binaları için Dolgu Duvarlı Ölçümler ile Nümerik Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	91
Şekil 6.15: Set 2 Binaları için Güçlendirme Öncesi Ölçümler ile Nümerik Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	92
Şekil 6.16: Set 2 Binaları için Güçlendirme Sonrası Ölçümler ile Nümerik Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	92
Şekil 6.17: Set 1 Binaları için Kat Sayısı-Periyot İlişkisi	93
Şekil 6.18: Set 2 Binaları için Kat Sayısı-Periyot İlişkisi	94
Şekil 6.19: Set 3 Binaları için Kat Sayısı-Periyot İlişkisi	94
Şekil 6.20: Set 1 Binaları için Periyot/ Kat Sayısı Oranları.....	96
Şekil 6.21: Set 2 Binaları için Periyot/ Kat Sayısı Oranları.....	96
Şekil 6.22: Set 3 Binaları için Periyot/ Kat Sayısı Oranları.....	97

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Oluşturulan Bina Setleri	32
Tablo 4.1: S1-12 Nolu Bina için Zemin Kat Genlik Değerleri	39
Tablo 4.2: S1-12 Nolu Bina için 1. Normal Kat Genlik Değerleri	40
Tablo 4.3: S1-12 Nolu Bina için 2. Normal Kat Genlik Değerleri	41
Tablo 5.1: Dolgu Duvar Öncesi Periyotlar	44
Tablo 5.2: Dolgu Duvar Sonrası Periyotlar.....	51
Tablo 5.3: Güçlendirme Öncesi Periyot Verileri	58
Tablo 5.4: Güçlendirme Sonrası Periyot Verileri	64
Tablo 5.5: Kamu Binalarına ait Periyot Değerleri	70
Tablo 6.1: Toplam Dolgu Duvar Alanı Oranları.....	76
Tablo 6.2: Set1 ve Set 2 Binalarına ait Ölçüm ve Modal Analiz Sonuçları.....	89

SEMBOL LİSTESİ

f_0	: Frekans
h	: Yükseklik
k	: Rijitlik
σ	: Gerilme

KISALTMALAR

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
Hz	: Hertz
GCF	: Güralp Compressed Format
H/V	: Yatay Bileşenin Düşey Bileşene Oranı
s	: Saniye
EW	: Doğu-Batı Bileşeni
NS	: Kuzey-Güney Bileşeni
UD	: Düşey Bileşeni

ÖNSÖZ

Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

“Betonarme Binaların Özelliklerinin Mikrotremor Ölçümleriyle Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı bana önererek, Yüksek Lisans öğrenimim boyunca, değerli katkılarını ve emeğini esirgemeyen, çalışma süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım tez danışmanım Prof. Dr. Mehmet İNEL'e, sonsuz teşekkür ederim.

Bir ekip olarak çalışmaktan zevk duyduğum, çalışma boyunca yardım ve desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım İnş. Yük. Müh. Bayram Tanık ÇAYCI'ya, İnş. Müh. Esra ÖZER'e, İnş. Müh. Muhammet KAMAL'a ve İnş. Müh. Osman ALTINEL'e teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca her türlü fedakârlığı gösteren, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

1.1 Tezin Önemi

Mevcut yapı stoğundaki binalarda olası deprem etkileri altında oluşabilecek hasarlara karşı gereken her türlü önlemin alınması son derece önemlidir. Bunun yanısıra yapıların, tasarım aşamasında yönetmelikler ile belirlenen yapı tasarım ilkeleri dikkate alınarak düşey yükler ile birlikte yatay etkiler de göz önünde bulundurularak emniyetli bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Deprem esnasında yapıya etkiyen yükler yapının oturduğu zeminde meydana gelen titreşimleri sonucu ortaya çıkan kuvvetlerdir. Bu yükler ve kuvvetler, mevcut yapının kütesine, hakim titreşim periyoduna, mod şekline, zeminin dinamik özelliklerine, süreye ve sıklığa bağlı olarak değişmektedir. Bu yüzden her yapının kendine özgü olan dinamik özelliklerinin belirlenmesi son derece önem arz etmektedir. Böylelikle olası depremin etkileri ya da herhangi bir nedenden dolayı meydana gelen titreşimlerin etkileri altında mevcut yapıda oluşabilecek hasarların önlenmesi ve oluşacak hasarların minimuma indirgenmesi istenmektedir (Çoşgun vd. 2007).

Mevcut betonarme çerçevesiz yapılarda dolgu duvarların ve taşıyıcı olmayan elemanların sistem davranışına etkilerinin araştırılması için yapıların değişik konumlarda periyotları ölçülmelidir. 1980'li yıllarda betonarme çerçevesiz yapılarda sadece çerçevesiz ve tamamen bitmiş konumda olan çerçevesiz yapıların periyotları ölçülerek dolgu duvarsız ve duvarlı yapıların düşük genlikli titreşimler altındaki periyot değişimleri karşılaştırılmıştır. Bu periyot değişimlerinin çok düşük yatay yükler altında veya çok düşük genlikli titreşimlerde meydana geldiği gözlenmiştir. Bu yapıların, dolgu duvarları örülmüş durumdaki periyotları ile sadece betonarme çerçeve durumundaki periyotları arasındaki farkın %50 ile %70'i arasında değiştiği tespit edilmiştir. Dolgu duvarlar, yapıların betonarme çerçeve durumundaki rijitliğini 2 ile 4 kat arasında artırabilmektedir. Dolgu duvarların sistem rijitliğine olan katkısı gözardı edilemeyecek kadar büyüktür. Çünkü dolgu duvarlar mevcut yapının ağırlığını arttırarak yapı periyodunu da arttırmaktadırlar (Bayülke 1989).

Büyük bir kısmı 1. Derece deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkemiz sismik hareketlerin oldukça sık ve yoğun yaşandığı bir bölgede yer almaktadır. Mevut yapıların deprem veya diğer sismik hareketlerin etkisi altında davranışının belirlenmesi oldukça karmaşık bir konudur. Mevcut yapıların tasarımı sırasında kullanılan bilgisayar modelleri birçok basitleştirme ve varsayımlar içermektedir. Bu durum yapıların gerçek dinamik davranışlarını ve özelliklerini çoğu zaman doğru şekilde gösterememektedir. Bu durum yapıların gerçek dinamik özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesinin ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Bu çalışma kapsamında mevcut betonarme yapıların, titreşimcik (mikrotremor) ölçümlerinin alınması, yapıların bilgisayar ortamında modellenmesi ve modelleme ve ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

1.2 Tezin Amaç ve Kapsamı

Çalışmanın amacı betonarme binaların hakim titreşim periyodunun ve diğer dinamik özelliklerinin hızlı, uygulanabilir bir yöntemle belirlenmesi, bu yöntemle elde edilen verilerin bilgisayar ortamında hazırlanan modellerin sonuçlarıyla karşılaştırılarak irdelenmesidir.

Çalışma kapsamında dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı çerçeve yeni yapılar, depremde hafif hasar almış betonarme çerçeve binalar ile perdeli çerçeve kamu binaları ele alınmıştır. Ayrıca depremde hafif hasar alan betonarme çerçeve binalar güçlendirildikten sonra alınan ölçümler de çalışma kapsamındadır. Az sayıda dolgu duvarsız, dolgu duvarlı ve güçlendirilen hafif hasarlı binalar bilgisayar ortamında modellenerek modal analiz sonuçları elde edilmiş ve ölçüm sonuçları ile kıyaslanmıştır. Kıyaslama ile analitik modelleme ölçüm sonuçları arasındaki farklar değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında Özcan (2013) tarafından yapılan ölçümlerden de yararlanılmıştır.

1.3 Literatür Özeti

Ülkemizde yapılan ortam titreşim ölçümleri ile ilgili çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

Utku vd. (2011) Nakamura tekniğiyle mikrotremor verisini değerlendirme yaklaşımını farklı iki zemini ele alarak mühendislik sismolojisinde yaygın olarak kullanılan bu yöntemin kısıtlarını irdelemişlerdir. Tek istasyonda yatay bileşenin düşey bileşene oranı (H/V) olan Nakamura yaklaşımını, hem doğal zemine hem de aynı zeminin sağlamlaştırılmış haline uygulamışlardır. Doğal zemindeki 1 istasyon ile sağlamlaştırılmış zemindeki 3 istasyonda alınan toplam 7 saatlik mikrotremor ölçümlerine göre Nakamura tekniğiyle zeminlerin ayırt edilmesinin mümkün olmadığını saptamışlardır. Buradan hareketle, Nakamura tekniğinin dayandığı oranlama işlemi, ölçüm alanının ortalama dinamik davranışına karşılık geldiğini göstermişlerdir.

Bayülke (1989) betonarme çerçeveli yapılarda, sadece çerçeveli ve dolgu duvar ve sıvaları tümü ile bitmiş konumdaki yapılarda mikrotremor ölçümleri yaparak dolgu duvarsız ve duvarlı yapıların düşük genlikli titreşimler altında, yapının her iki durumdaki periyotlarını karşılaştırarak dolgu duvarların titreşim periyoduna etkisini araştırmıştır.

Çoşgun vd. (2007) yapının dinamik davranışına etki eden 3 ana faktör olan zemin özellikleri, yapısal etkiler (proje ve uygulaması) ve varsa yapının içinde yapının davranışını etkileyen ağır iş makinelerinin yarattığı titreşimlerin birlikte yarattığı etkiyi mikrotremor yöntemini kullanarak örnek bir binada araştırmışlardır.

17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminden sonra İstanbul ili Avcılar ilçesi sınırlarında yer alan Avcılar Kampüsü Mühendislik Fakültesi binası güçlendirme ve tamirat sürecine girmiş olup, binanın hakim titreşim periyodu değişimi Karabulut vd. (2009) tarafından ölçülmüştür. Yapının titreşim frekansını belirleyebilmek ve zemin yapı etkileşiminin ortaya konulması amacıyla bir dizi mikrotremor ölçümü yapılarak fakülte binasının salınım periyodu yatay/düşey spektral oran tekniği ile belirlenmiştir.

Tekebaş vd. (2011) Sesame projesi kapsamında elde edilen sonuçlara göre mikrotremor verileri değerlendirilirken güvenilir bir değerlendirme için 3 temel koşulu incelemişlerdir. Birincisi tahmin edilen T_0 'a göre seçilmesi gereken pencere sayısını belirlemektir. İkinci koşul tüm kayıt içerisindeki belirgin devirlerin sayısının 200'den büyük olması gerektiğini belirtmektedir. Son koşul ise f_0 değerinin

0.5Hz'den büyük veya küçük olmasına göre H/V eğrisinin standart sapma değerlerinin (σ) belli değerlerden küçük olmasıdır ($f_0 < 0.5\text{Hz}$ ise $\sigma < 3$ ve $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ise $\sigma < 2$). Bu kuralların kolaylıkla incelenebilmesi için kullanıcı dostu bir arayüz hazırlanmış ve bu arayüzün nasıl çalıştığı anlatılmıştır.

Zemin sıvılaşması yaşamsal yapılar ve bina temelleri için hasarın başlıca nedenlerinden biri olmuştur (Ascı vd.,2005). Zeminin titreşimi sonucu ortaya çıkan sıvılaşma ile zeminin baskın titreşim frekansları arasında bir ilişki olmalıdır. Bu amaçla İzmit Saraybahçe Belediyesi sınırları içinde kalan alanın zemin kısmını oluşturan kıyı kesimi özdirenç, sondaj ve sismik açıdan incelemeye alınmıştır. Çalışma sonucunda mikrotremor çalışmasından elde edilen baskın periyot haritalarının yüksek salınım gösteren bölgeleri ile yüksek sıvılaşma riski taşıyan bölgeler çakışmışlardır.

Siyahi vd. (2005) Adapazarı bölgesinde zemin büyütmesine göre mikrobölgeleme çalışmasını 220 adet mikrotremor kaydı kullanılarak yapmıştır. Analizler Nakamura yöntemine göre yapıлып nihai sonuçlar Fourier genlik spektrumları hesaplanarak Nakamura yöntemi ile zemin büyütme ve zemin hakim periyotları bulunarak elde edilmiştir. Mikrotremor çalışmaları yapılan bölgelerde mevcut jeoloji, geoteknik veriler ve 1999 Kocaeli depreminde oluşan hasar değerleri karşılaştırılmıştır. Zemin hakim periyotlarının, yerel zemin koşullarının değişim gösterdiği bölgelerde büyük ölçüde değiştiği ve deprem esnasında gözlenen yapısal hasar dağılımı ile de paralellik gösterdiği gözlemlenmiştir.

Özcan (2013) tarafından yapılan çalışmada kat sayıları ve taşıyıcı sistem özellikleri farklı olan mevcut betonarme yapılardan mikrotremor ölçümleri alınarak, mevcut yapıların titreşim özellikleri incelenmiştir. Ölçüm yapılan mevcut betonarme yapılar bilgisayar ortamında modellenerek modal özellikleri hesaplanmış ve deneysel verilerle kıyaslanmıştır.

Mikrobölgeleme çalışması dışında kalan mikrotremor çalışmaları az sayıda bina ile yapılmış olup bu çalışmada farklı kat sayısına sahip daha fazla sayıda bina sonuçlarının literatüre kazandırılması hedeflenmektedir.

Modal analiz ile ilgili çalışmaları ise aşağıda özetlenmiştir:

Bayraktar vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada tek açıklıklı ve üç katlı bir düzlem çerçevenin deneysel ve teorik modal analizi yapılmıştır. Ölçüm için içi boş dikdörtgen kesitli elemanlar kullanılarak bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan model üzerinde gerekli ölçümler yapılarak dinamik özellikler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar teorik analiz sonuçlarıyla karşılaştırılarak yöntemin uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Bayraktar vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada bina türü yapılar dikkate alındığında binaların yapım aşamalarına bağlı olarak dinamik parametrelerin değişim gösterdiği bilinmektedir. Bu çalışma kapsamında farklı yapım aşamalarındaki üç betonarme binanın dinamik parametreleri deneysel ölçüm yöntemiyle elde edilmiştir. Gerçekleştirilen ölçümlerden binaların mevcut durumları için doğal frekansları, mod şekilleri ve modal sönüm oranları belirlenmiştir. Binaların birinci doğal frekansları standartlarda kullanılan yaklaşık yöntemlerle hesaplanmış, ölçülen ve hesaplanan frekans değerleri karşılaştırılmıştır. İncelenen binaların doğal titreşim frekansları ve mod şekilleri mevcut durum için elde edilmiş ve beklenen modal davranışın elde edildiği görülmüştür. Ayrıca binaların ölçülen doğal frekanslarının hesaplanan değerlerden daha büyük olduğu belirlenmiştir.

Dönmez vd. (2009) tarafından İzmir Yüksek teknoloji Enstitüsü (İYTE), İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Tübitak projesi kapsamında deneysel modal analiz tekniğinin kullanılması yönünde yapılan çalışma kapsamında, laboratuarda imal edilmiş basitleştirilmiş bir köprü maketi üzerinde modal analiz teknikleri kullanılarak, sistemde oluşacak herhangi bir hasarın sistemin sıklığını ve aynı zamanda dinamik özelliklerini değiştireceği gerçeğinden yola çıkarak, hasar öncesi ve sonrası dinamik özelliklerin izlenmesi sayesinde yapıda oluşan hasarların tahribatsız bir şekilde tespit edilmesini sağlamışlardır. Ayrıca maket köprünün sonlu elemanlar modeli kurularak analiz ve deney sonuçlarını karşılaştırıp irdelenmiştir.

Mevcut çalışmada dolgu duvarsız, dolgu duvarlı ve güçlendirilmiş yapıların modellenmesi ile ilgili sonuçlar ile analitik modellerin ölçüm sonuçlarının ne derece yansıttığı irdelenecektir.

2. MİKROTREMOR ÖLÇÜMÜ

Yeryüzünde depremler gibi doğal ya da sismik patlamalar gibi doğal olmayan nedenlerden dolayı oluşan, periyotları 1-2 dakikayı aşmayan, yeryüzünün neden olduğu bu titreşim hareketlerine mikrosismik (çok küçük yer sarsıntıları) denir. Mikrotremor (titreşimcik) genellikle 0.005 ile 2 s aralığındaki periyotlar için kullanılan bir ifadedir. Titreşimciklerin genlikleri genellikle 0.1 mikron seviyesindedir ve daha çok doğal olmayan nedenlerle oluşmaktadırlar.

Mikrotremorların genel özellikleri şöyle sıranalabilir:

- Periyotları çok küçüktür.
- Genlikleri 0.1 mikron mertebesindedir.
- Dalga şekilleri düzgün değildir.
- Gündüzleri gecelere göre daha aktiftir.
- Grup halindeki titreşimleri sürekli kısadır.
- Genellikle yapay nedenlerden dolayı oluşurlar.

Mikrotremor çalışmaları ilk olarak 1960'larda Japonya'da Kanai (Kanai 1961) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmaların amacı mikrotremorların mühendislik sismoloji kapsamında değerlendirilmesi ve Japonya Yapı Yönetmeliğinde geçen zemin gruplarının sınıflandırılmasıdır. Geliştirilen bu yöntem deprem olma olasılığı yüksek olan bölgelerde, yapı tasarım aşamasında, yapıların dinamik özellikleri konusunda bilgi verecektir.

Tez çalışması sırasında binalardan alınan mikrotremor kayıtları Güralp marka 3 kanallı CMG-6TD sayısal çıkışlı portatif geniş bantlı sismograf yardımıyla alınmıştır. Ölçümler sırasında sismometre sistemi, güç birimi ve bunlara bağlı yan birimler ile sismometre sisteminin bağlı olduğu bir dizüstü bilgisayar kullanılmıştır.

Mikrotremor ölçüm kayıtları ivme, hız veya yer değişimi parametrelerine bağlı olarak alınabilmektedir. Ölçüm için kullanılan sismometre cihazı 3 bileşenli (Doğu-Batı, Kuzey-Güney ve Düşey) olarak kayıt alabilmektedir. Ölçüm yapılan binalardan kayıtlar hız cinsinden alınmıştır. Alınan bu kayıtlar bilgisayar ortamına sayısal veri

olarak aktarılmıştır. Kayıtların örnekleme aralıkları 0.8-10 Hz aralığı seçilmiştir. Mikrotremor ölçüm cihazı ve ekipmanları Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Cihaz ile ilgili teknik özellikler aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 2.1: Mikrotremor Ölçüm Cihazı ve Ekipmanları.

- Frekans aralığı 0.033Hz ile 100Hz’dir.
- Çıkış hassasiyeti 2*1000V/m/s’dir.
- Üç bileşenli (X-Y-Z) Feedback sismometredir.
- 24-Bit ve 3 Kanallı bir sismik kayıtçıdır.
- 2 Gb dâhili bellek sahiptir. Bu bellek 16 Gb’a kadar çıkarılmaktadır.
- Ağırlığı yaklaşık 3 kg’dır.
- Deprem kaydı alımı ve mikrotremor ölçümleri için kullanılmaktadır.
- Zemin nitelik ölçümleri, deprem kayıtları v.b gibi alanlarda kullanılabilir.

2.1 Mikrotremor Ölçümlerinin Değerlendirilmesi ve Yöntemler

Mikrotremor ölçümleri günümüzde mühendislik sismolojisi alanında birçok parametrenin bulunmasında kullanılmaktadır. Bu ölçümlerin değerlendirilmesi, istenen parametrelere ve parametreleri elde etmek için kullanılan yöntemlere göre farklılık arz etmektedir. Mikrotremor ölçümlerini değerlendirmek için kullanılan her metot farklı kabul ve yaklaşımlara dayanmaktadır. Ancak, kullanılan her metotta genel olarak ilk önce spektral analiz uygulaması yapılmaktadır.

Yapılan çalışmalar kapsamında değerlendirme aşamasında genellikle aşağıdaki iki yöntem kullanılmaktadır:

- Fourier Genlik veya Güç Spektrumlarının Yorumlanması
- Yatay/Düşey Spektral Oran Yöntemi (Nakamura Yöntemi)

Fourier genlik spektrumu ile elde edilen spektrumlar, analiz edilen dalgaların bileşenlerinin frekans içeriğini ve dalgaların hangi bileşeninin genliğinin büyük olduğunu gösterir. Kısacası genlik spektrumu herhangi bir büyüklüğün gücünün frekans ile nasıl değiştiğini göstermektedir. En büyük genliğe karşılık gelen frekans incelenen dalganın baskın frekansı olarak kabul edilir. Fourier spektrumları hareketin şekline göre dar ya da geniş aralıkta değişkenlik gösterir. Dar spektrum, hareketin düz ve sinüsoidal olduğunu; geniş spektrum ise, farklı frekanslar içeren zamana göre değişen düzensiz hareketleri göstermektedir (Kramer 2003).

Meydana gelen yer hareketinin frekans içeriği güç spektrumu ya da yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanabilir. Güç spektrumu yoğunluk fonksiyonu ile oluşan yer hareketinin istatistiksel özellikleri ve rastgele titreşim teknikleri kullanılarak stokastik tepki hesaplanabilir (Clough ve Penzien 1975; Vanmarcke 1976; Yang 1986).

Güç spektrumu genlik spektrumunun karesi olduğu için 1'den büyük genlikler büyütülürken, 1'den küçük genlikler küçültülmüş olacaktır. Böylece büyük genlikler daha belirgin hale gelecektir. En büyük genlik yine baskın frekansı temsil edecektir. Birçok araştırmacı mikrotremor kayıtlarının değerlendirilmesinde genlik veya güç spektrumlarını kullanmıştır.

Yatay/Düşey spektral oran yöntemi (Nakamura yöntemi) Japonya’da Nakamura (1989) tarafından çeşitli yerlerden alınan güçlü hareket kayıtları kullanılarak bulunmuştur. Bu yöntemle göre bir yapının hâkim periyodu, inceleme yapılan yerde zamana göre üç bileşenli (Kuzey-Güney, Doğu-Batı ve Düşey) titreşim kaydı yapılarak, alınan kayıtların spektral ortamda yatay bileşenlerinin düşey bileşenlerine oranından faydalanılarak belirlenebilmektedir. Bu yöntem literatür ve diğer kaynaklarda tek istasyon yöntemi olarak da geçmektedir.

Yöntemin temeline bakıldığında Nakamura’ya göre mikrotremorları oluşturan Rayleigh türü dalgalardır ve bunlar yüzey kaynakları tarafından yaratılır. Bu dalga türü tabakalı bir ortamda hem yatay hem de düşey hareketlerden eşit şekilde etkilenmektedir. Nakamura (1989) mikrotremorların derinden değil, yüzeyden ve yüzeye yakın yersel, sismometreye yakın noktalardan gelen titreşimlerden (trafik, şehir gürültüleri vb.) oluştuğunu varsaymakta ve derinden kaynaklanan katkıları ihmal etmektedir (Beker 2013). Aynı zamanda önceki çalışmalarda düşeydeki hareketlerin yataydaki tabaka tarafından büyütülmediği ve tabanda oluşan harekete yüzeyde oluşan bölgesel titreşimlerin etkisinin olmadığı kabulü yapılmıştır (Lermo ve Garcia 1994). Nakamura yönteminin geçerliliği Lerno ve Garcia (1994) tarafından sayısal modeller üzerinde incelenmiştir. Nakamura yöntemi kısa süreli kayıt alabilme, ucuzluğu ve kolaylıkla her yerde istasyon kurulumunun yapılabilmesi, ölçümlerin hızlı bir şekilde yapılabilmesi gibi özelliklerinden dolayı günümüzde tercih edilen bir yöntemdir.

2.2 Kullanılan Programlar ve Özellikleri

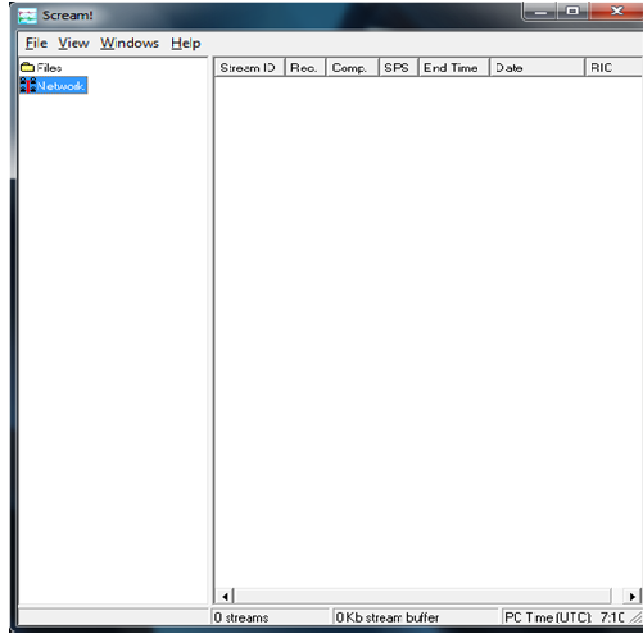
Ölçümler esnasında Güralp marka üç kanallı CMG-6TD sayısal çıkışlı portatif geniş bantlı sismograf kullanılmıştır. Mevcut binalarda ölçümler ortalama 20 dakikalık periyotlar halinde binanın ağırlık merkezine yakın yerlerinden her kat için ayrı ayrı mikrotremor kaydı alınarak yapılmıştır.

Binalardan alınan kayıtlar bilgisayar ortamına sayısal veri olarak doğrudan kaydedilmiştir. Ölçümleri kaydetmek için Scream! 4.5 programı, kaydedilen verileri değerlendirmek için de Geopsy programı kullanılmıştır.

Scream! Programı sismometre yapılandırması için kullanılan, gerçek zamanlı veri alımı ve izlenmesine olanak sağlayan Windows tabanlı bir yazılım uygulamasıdır. Bu program Güralp sistem sayısal sismograf cihazı yardımıyla kaydedilen GCF formatındaki verileri sıkıştırarak, görüntüleyen, yazdıran, kaydeden ve yeniden görüntüleme işlemlerini yapmak için kullanılır. Scream! Programı bilgisayara yüklendikten sonra, ekrana tüm veri akışlarının görüldüğü bir ana pencere açar. Bu ana pencere tüm programın kontrol merkezidir. Ana pencere içindeyken dalga görünüm (Waveview) penceresi açılarak herhangi bir veri akışı görüntülenebilir. İstenilen kadar dalga görünüm (Waveview) penceresi açılabilir ve her bir pencerede istendiği kadar veri akışı görüntülenebilir. İstenildiğinde aynı veri akışı, birkaç dalga görünüm (Waveview) penceresinde de görüntülenebilir. Her bir dalga görünüm (Waveview) penceresi kendine ait bir genliğe (amplitude) ve zaman ölçeklendirmesine, renk şemasına ve görüntüleme parametrelerine sahiptir. Örneğin;

- Bir veri akışı farklı pencerelerde farklı büyütme faktörleri ile eşzamanlı görüntülenebilir,
- Farklı gruplar halinde olan veri akışları her grup için aynı büyütme faktörüne sahip olarak görüntülenebilir veya
- Bir dizinin tümü sadece bir pencerede görüntülenirken, diğer bir pencerede de, gelen verilerin detaylı incelemesi yapılabilir.

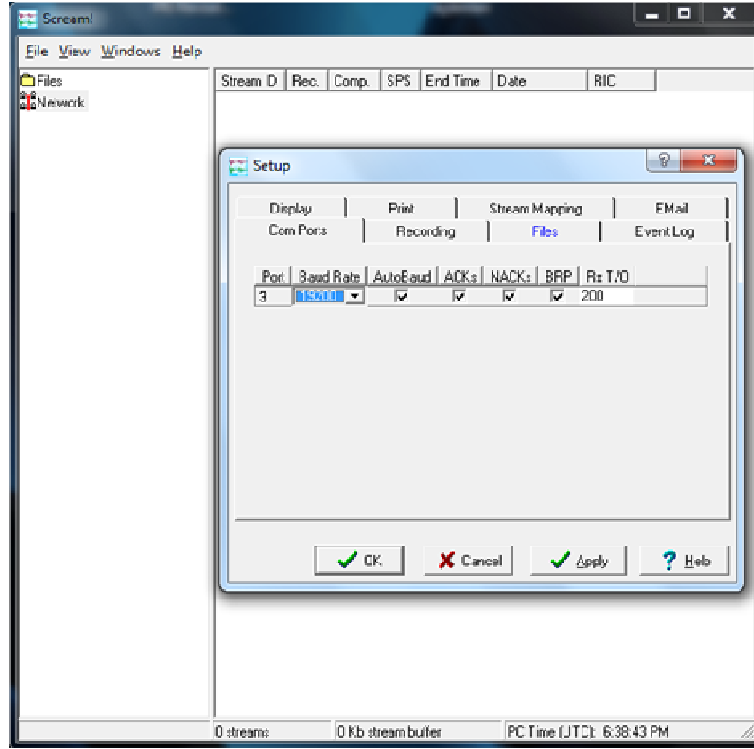
Scream! ana ekranı Şekil 2.2’de görülmektedir.



Şekil 2.2: ScreaM! Programına ait ana pencere

ScreaM! programında verileri yerel bir diske kaydetmek için gerekli olan komutu bir ikon üzerine tıklayarak gerçekleştirmek mümkündür. ScreaM! GCF, SAC, miniSEED, SEGy, PEPP, SUDs ve GSE formatlarını desteklemektedir. Böylelikle daha sonraki veri analizi ve işlemlerin, rahat ve kolay bir şekilde yapılmasına imkan verir.

ScreaM! programı Güralp sistem SAM birimlerindeki verileri içeren GCF dosyalarını birkaç işlemle okuyup, farklı zaman ölçeklerinde okuyabilir ve farklı formata dönüştürebilir. ScreaM! programı bilgisayarda ilk kez çalıştırıldığında seri portlarının tanımlanması gerekir. ScreaM! için kullanılacak seri portlar kullanılan işletim sistemine göre tanımlanmaktadır ve her bir port o porta bağlanan aletlerin ayarlarına göre yapılandırılır. Dizüstü bilgisayarda tanımlanan seri port Şekil 2.3'de görülmektedir (Özcan 2013).

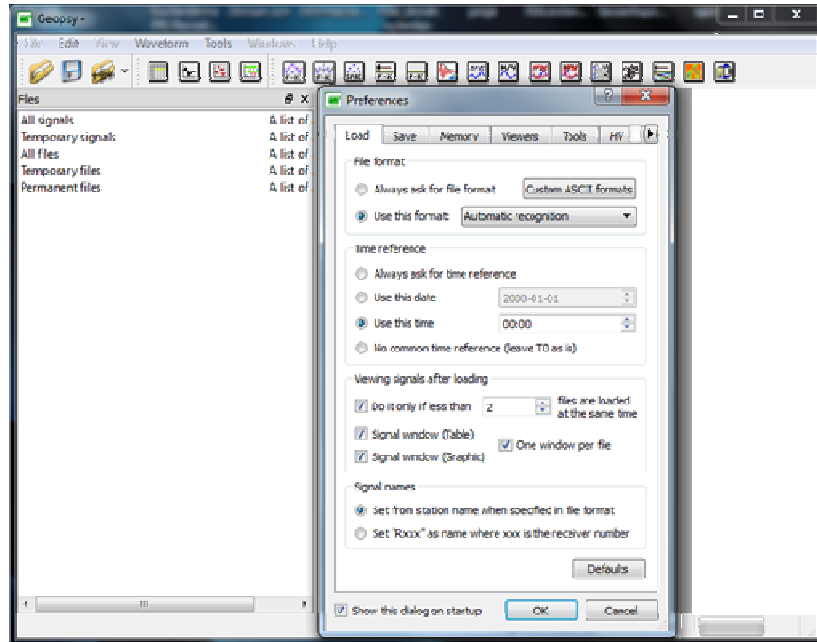


Şekil 2.3: Dizüstü bilgisayarda tanımlanan seri port

Geopsy programı, SESARRAY projesi kapsamında bulunan ve sismometre yardımı ile alınan verilerin değerlendirilmesi için kullanılan bir programdır. SESARRAY projesi, içerisinde birçok zemin hareketlerine yönelik programı barındıran bir projedir. Bu proje Sesame European, Fransa'nın Grenoble kentindeki Joseph Fourier ve Almanya'nın Potsdam kentindeki Potsdam Üniveritesi işbirliği ile ortaya çıkmıştır. SESARRAY projesinin amacı Ortadoğu'da UNESCO teşvikiyle ilk sinkrotron ışınımı laboratuvarını kurmaktır. Ürdün'de kurulması planlanan SESARRAY, Almanya'dan hibe edilen BESSY I sinkrotronunun parçalarından yararlanılarak, uluslararası kullanıcıların temel bilim araştırmalarından teknolojik uygulamalara kadar farklı alanlardaki gereksinimleri karşılayacak bir kaynak yaratmaktır (Sayers 2001).

Geopsy programında veri kayıplarını engellemek için sismometre yardımıyla kayıt altına alınan sinyaller, otomatik olarak erişimi kolaylaştırmak amacıyla ortak sinyal dosya formatında kaydedilip, aynı anda birden fazla sinyal içinde “.Sdb” formatında saklanabilmektedir.

Geopsy programı, kullanıcı ara yüzü basit ve anlaşılır olan, daha çok deprem mühendisliği ve sismoloji alanında kullanılmak için tasarlanmış olan tüm yazılım platformlarında (Linux, Mac OS X ve Windows) çalıştırılabilen bir programdır. Program açıldığı zaman ilk karşımıza Şekil 2.4'te gösterilen ana ekran çıkmaktadır. Ana ekran açıldığında yapmamamız gereken öncelikli işlem değerlendirmek istediğimiz veriyi çağırmaktır. Veri çağırma işlemini yapmak için izlenmesi gereken yol “File” menüsünde “Import Signal” seçeneği ile veriyi çağırmak veya ekran üzerinde bulunan kısayol tuşunu kullanarak da bu işlem yapılabilir. Kayıtların bulunduğu “Files” menüsü içerisinde değerlendirilecek verinin üç bileşenli (Doğu-Batı, Kuzey-Güney ve Düşey) kayıtları seçilerek amaca uygun değerlendirme yapılabilecektir.



Şekil 2.4: Geopsy Programı Ana Ekranı

Analitik modelleme için kullanılan SAP2000 programı, mühendislik alanında kullanılan sistemlerin modellenmesi, analizi ve boyutlandırılması amacı ile hazırlanmış olan sonlu eleman tabanlı genel amaçlı bir yazılımdır. SAP2000 programı Windows tabanlı bir programdır. Bu özellik sınırsız kullanım ve üretim özelliğine sahip olan çok güçlü bir ara yüze olanak tanır. Modelin oluşturulması ve geliştirilmesi, analizin yapılması, boyutların kontrolü ve optimizasyonu ile çıktıları baskıya hazırlama bu tek ara yüzle yapılabilmektedir. Tek bir yapısal model birçok farklı tipteki hesaplama ve boyutlama işleminde kullanılabilir.

Herhangi bir yapı sisteminin SAP2000 yardımı ile analizinin yapılmasında genel olarak aşağıdaki yol izlenmektedir.

- Sistem modelinin oluşturulması,
- Malzeme özelliklerinin tanımlanması,
- Kesit özelliklerinin tanımlanması,
- Yüklerin tanımlanması,
- Analiz

2.3 Kaydedilen Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında daha önce Özcan (2013) tarafından Denizli ve Kütahya illerinde yapılan konut ve kamu binalarına ait ölçümlere ek olarak Denizli ilinde ölçümler yapılmıştır. Ölçümler üç kanallı Güralp marka CMG-6TD modeli ile kayıt altında alınmıştır. Bu ölçüm cihazına ek olarak 12V'luk bir güç kaynağı, kayıtları görüntülemek ve kaydetmek için bir dizüstü bilgisayar ve bilgisayar ile ölçüm cihazını bağlamak için sisteme uygun bağlantı kabloları kullanılmıştır. Alınan ortam titreşim (mikrotremor) kayıtları Geopsy programı yardımı ile 100 Hz örnekleme aralığında örneklenecek, gürültü kayıtları 0.8 Hz ile 10 Hz aralığında Butterworth Bant geçişle filtrelenerek ortalama 20 saniyelik pencerelerle Fourier genlikleri alınmıştır. Genlikler elde edildikten sonra Nakamura yöntemi kullanılarak mevcut yapıların doğal titreşim periyotları her iki yön için bulunacaktır. Ayrıca ölçüm yapılan binalardan bir kısmı SAP2000 programı yardımıyla modellenip, analizleri yapılarak mevcut binalara ait baskın periyotlar hesaplanarak ölçümler ile kıyaslanacaktır.

Ölçümler yapılırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmiştir:

- Yapının dinamik özelliklerini belirlemek amacıyla bodrum, zemin, ara katlar, son kat ve varsa çatı kattan ölçümler yapılmıştır.
- Ortalama 20 dakikalık periyotlar ile ölçümler alınmıştır.
- Ölçümler yapılırken kültürel gürültüler, trafik gürültüleri, insan kaynaklı gürültüler v.b kayıtları olumsuz etkileyecek nedenlerin olmamasına dikkat edilmiştir.

- Ölçümler genellikle akşam saatlerinde alınmıştır.
- Binanın ağırlık merkezine yakın yerlerden ölçümler alınmıştır.
- Ölçümler genellikle katlar arasında aynı noktalardan ve kat kirişleri üzerinden alınmıştır.

Verilerin değerlendirilmesi aşamasında ise aşağıdaki hususlara dikkat edilmiştir:

- Veriler bilgisayar ortamında Scream! programı yardımıyla sayısal veri olarak kaydedilmiştir.
- Kayıt verileri değerlendirilirken Geopsy programından yararlanılmıştır.
- Kayıt verileri değerlendirilirken Geopsy programı ile sinyal kayıtlarından kayıt grafiklerinin elde edilmiştir.
- Elde edilen kayıt grafiklerinde çevresel etmenlerden dolayı oluşan gürültü kayıtlarının ayıklanması işlemi için filtreleme işlemi uygulanmıştır.
- Filtreleme işlemi sonrası kayıtlar 20 s'lik pencerelere ayrılmış ve Fourier genlik spektrumları elde edilmiştir.

2.4 Mevcut Yapı Titreşim Periyodu ve Spektrumlarının Belirlenmesi

Mevcut yapılarda yapılan mikrotremor ölçümleri yardımıyla yapıların doğal titreşim periyodunun belirlenmesinde Nakamura Yöntemi (Denklem 2.1) kullanılmıştır. Bu yöntem yatay/düşey spektral oran yöntemi olarak da bilinmektedir.

$$H / V = \sqrt{\frac{EW^2 + NS^2}{2 * UD^2}} \quad (2.1)$$

Mevcut yapılardan alınan ölçüm verilerini değerlendirmek için kullanılan Geopsy programı, genellikle zemin titreşim ölçümlerinde kullanıldığı için yatay bileşenin her iki doğrultusu için doğrudan doğal titreşim periyotlarını

vermemektedir. Nakamura yönteminde ise bu iki bileşenin karelerinin toplamı kullanılmaktadır. Bu yüzden mikrotremor ölçümleri yapılan mevcut yapıların baskın periyodunu belirlemek için yatay bileşen doğrusal enerji seçeneği hesaplanmıştır. Ayrıca, Geopsy programı yardımıyla mevcut yapıların her iki yönüne ait (Kuzey-Güney, Doğu-Batı) spektrumları grafik olarak elde edilmiştir.

3. BİNA ÖZELLİKLERİ

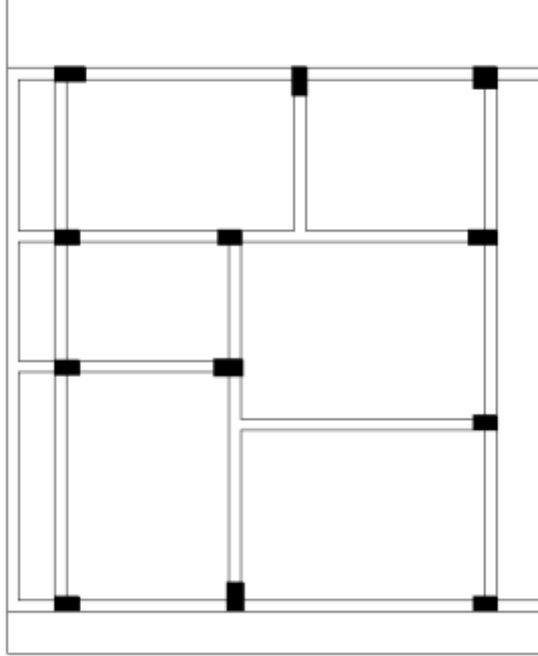
Yapılan tez çalışması kapsamında Denizli ve Kütahya illerinde toplam 33 farklı özellikteki binada inceleme yapılmıştır.

Denizli ve çevresinde ölçüm yapılan binalar yeni yapılan betonarme çerçevesel binalar olup içerisinde uygun olanlarda yapım aşamasında olan binalar dolgu duvar öncesi ve dolgu duvar sonrası ölçüm alınarak dolgu duvar etkisi de değerlendirilmiştir.

2011 Simav depremi sırasında hafif hasar alan betonarme çerçevesel 5 adet konut, betonarme perdeli – çerçevesel taşıyıcı sisteme sahip kamu binalarında da ölçüm alınmıştır. Konut binalarında uygulanan güçlendirme çalışmaları sonrasında da ölçüm alınarak güçlendirmenin bina davranışı üzerindeki etkileri de değerlendirilmiştir.

3.1 Denizli Bölgesinde Yer Alan Binalar

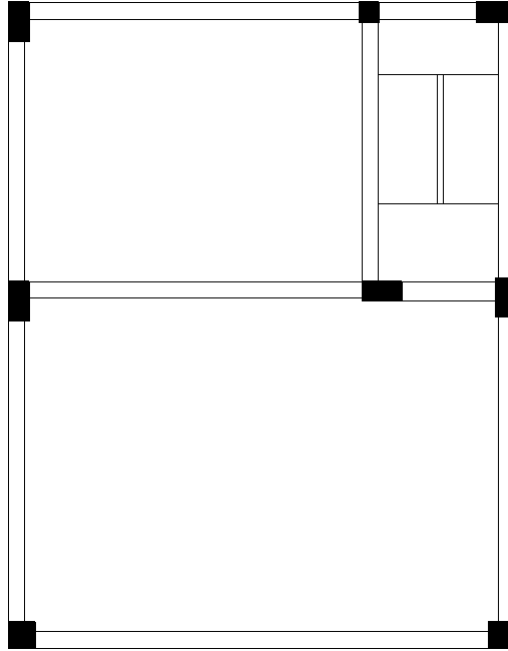
Denizli ili ve çevresinde yapılan çalışmada binaların katsayılarına bağlı olarak dolgu duvar öncesi ve dolgu duvar sonrası ölçümler yapılarak dolgu duvarların sistem dinamik özelliklerine olan etkisi araştırılmıştır. Bina seçiminde yeni yapılan, çatlak kesit rijitliği olmayan bina, DBYBHY 2007'ye uygunluğu ve dolgu duvar varlığı gibi hususlar göz önünde bulundurulmuştur. Denizli ilinde ölçüm yapılan bazı binalara ait resimler, kalıp planları ve binalara ait özellikler Şekil 3.1-3.6'da verilmiştir.



BİNA ÖZELLİKLERİ

- Betonarme çerçeve sistem
- Zemin Kat+ 2 Normal Kat
- C25-S420

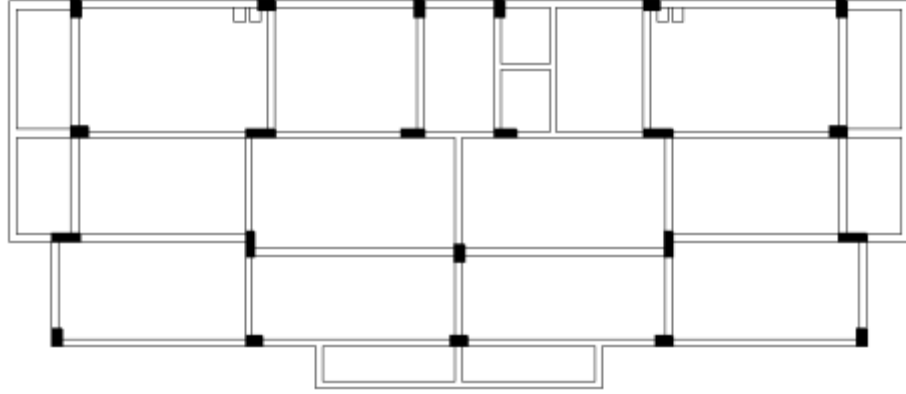
Şekil 3.1:S1-02 Nolu Binaya ait Bilgiler



BİNA ÖZELLİKLERİ

- Betonarme çerçeve sistem
- Zemin Kat+ 2 Normal Kat
- C25-S420

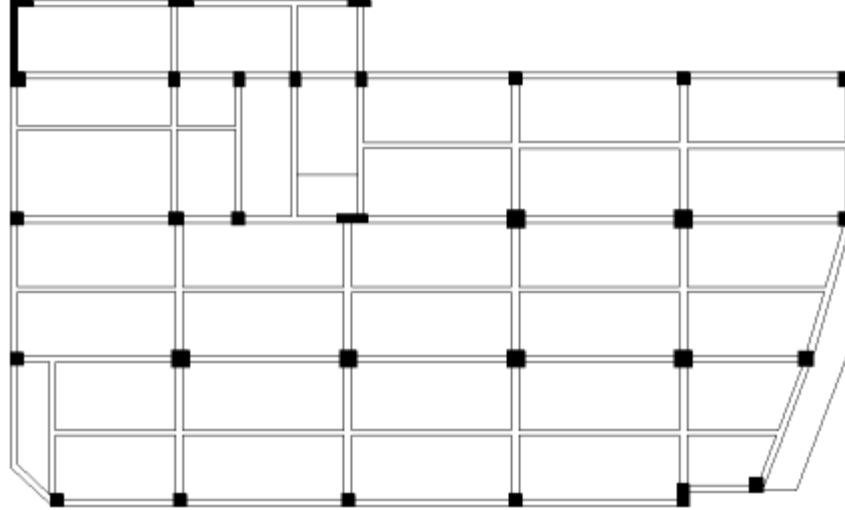
Şekil 3.2: S1-12 Nolu Binaya ait Bilgiler



BİNA ÖZELLİKLERİ

- Betonarme çerçeve sistem
- Bodrum Kat+Zemin Kat+ 4 Normal Kat+Çatı Kat
- C25-S420
- Bodrum Perdesi yok.

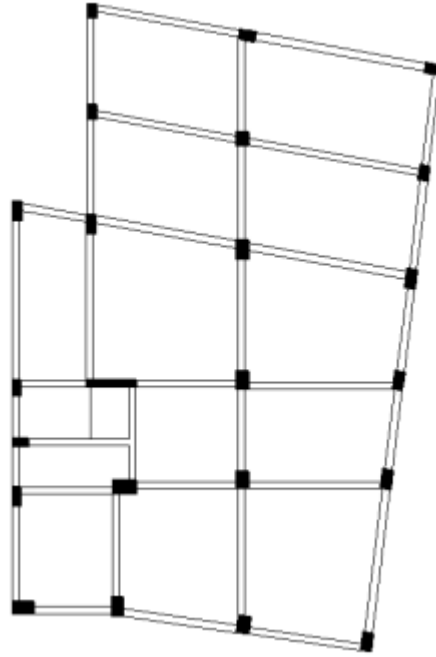
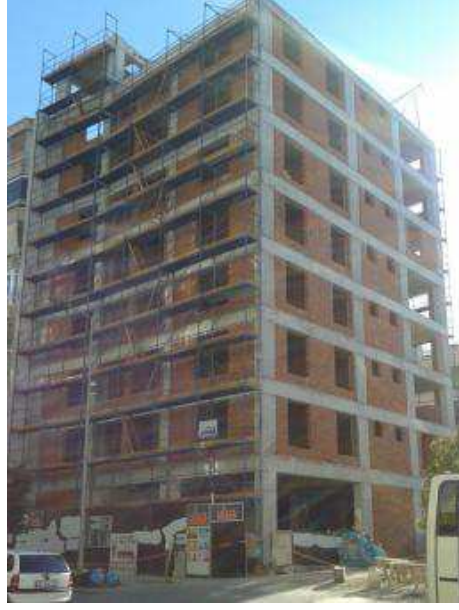
Şekil 3.3: S1-15 Nolu Binaya ait Bilgiler



BİNA ÖZELLİKLERİ

- Betonarme çerçeve sistem
- 1.Bodrum Kat+2.Bodrum Kat +Zemin Kat+ 4 Normal Kat
- C30-S420
- Bodrum Perdesi var

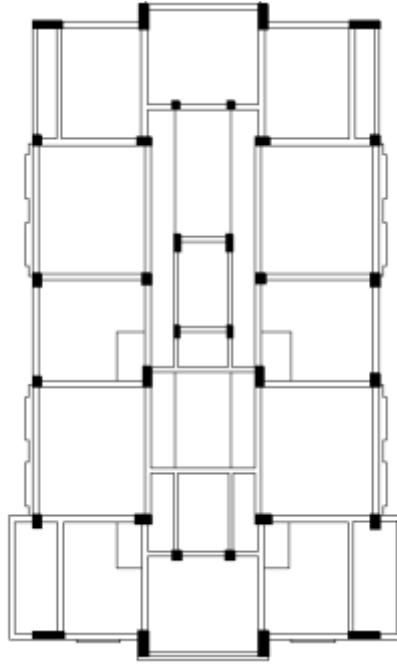
Şekil 3.4: S1-18 Nolu Binaya ait Bilgiler



BİNA ÖZELLİKLERİ

- Betonarme çerçeve sistem
- Bodrum Kat +Zemin Kat+ 7 Normal Kat
- C30-S420
- Bodrum Perdesi var

Şekil 3.5: S1-19 Nolu Binaya ait Bilgiler



BİNA ÖZELLİKLERİ

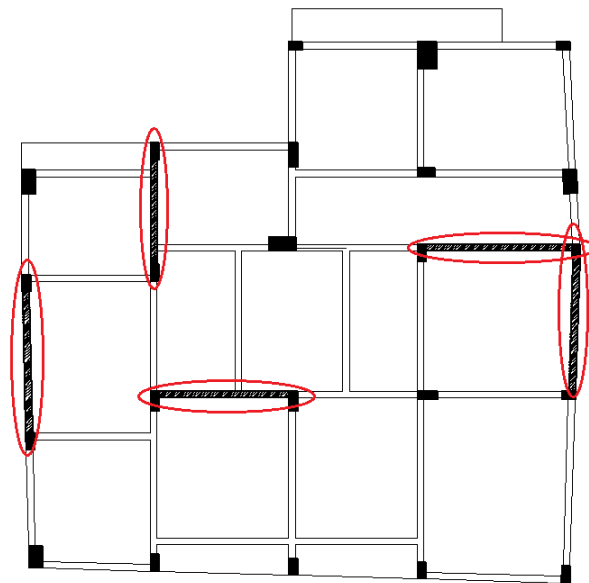
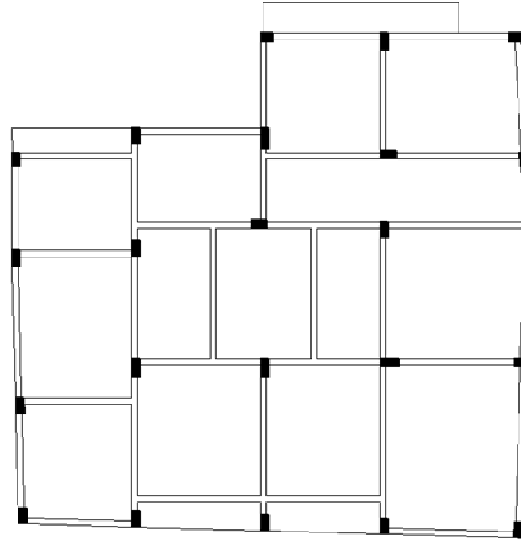
- Betonarme çerçeve sistem
- Zemin Kat+ 8 Normal Kat
- C30-S420
- İlk 3 katta perde uygulaması var

Şekil 3.6: S1-20 Nolu Binaya ait Bilgiler

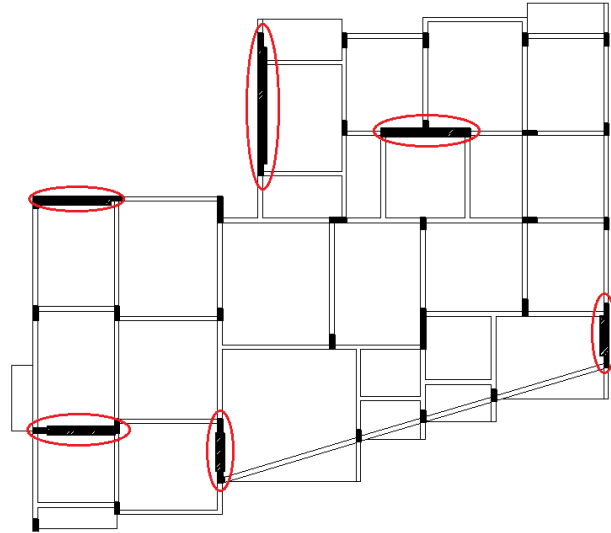
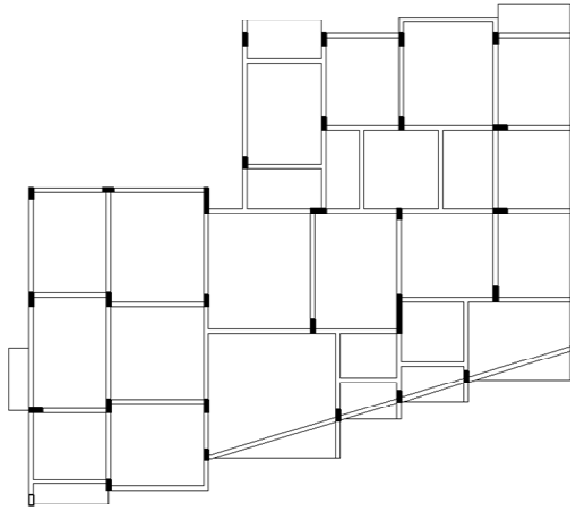
3.2 Simav Bölgesinde Yer Alan Binalar

3.2.1 Hafif Hasarlı Konut Yapıları

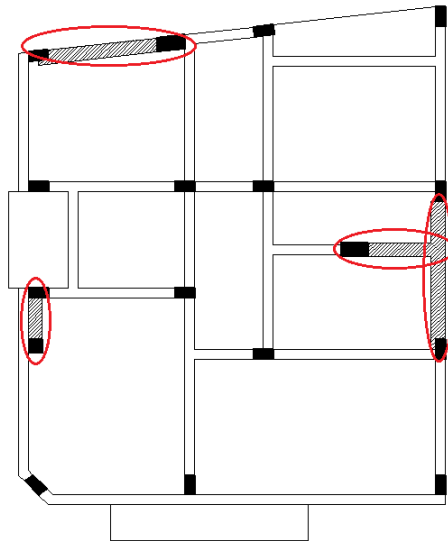
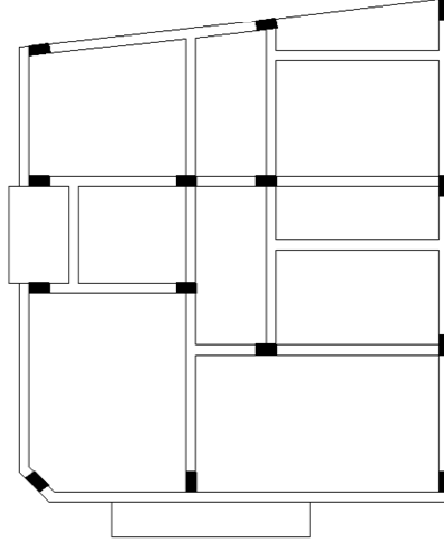
Kütahya ili Simav bölgesinde yapılan çalışmalarda ise 19 Mayıs 2011 Simav Depremi sonrası inceleme yapılan hafif hasarlı konut binalarından ölçümler alınmıştır (Özcan 2013). Hafif hasarlı konut binalarında, güçlendirme öncesi ve güçlendirme sonrası ölçüm verileri elde edilerek güçlendirme sisteminin, mevcut sistem dinamik özelliklerine olan katkısı irdelenmiştir. Kütahya ili Simav bölgesinde güçlendirme öncesi ve sonrası ölçüm yapılan binalara ait kalıp planları Şekil 3.7-3.10'da verilmiştir. Güçlendirme elemanları planlarda taranarak gösterilmiştir.



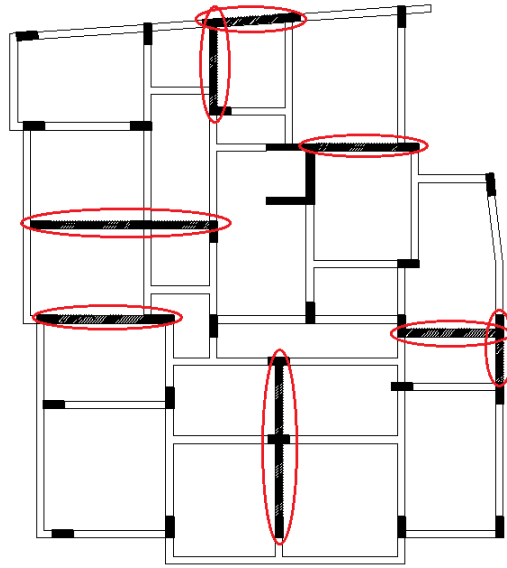
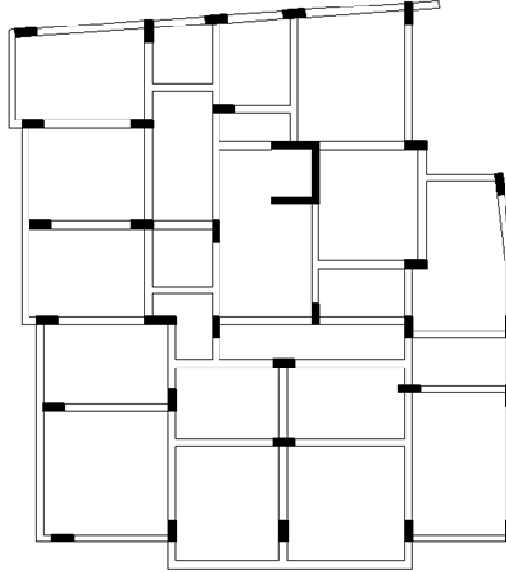
Şekil 3.7: S2-01 Nolu Binaya Ait Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Kalıp Planları



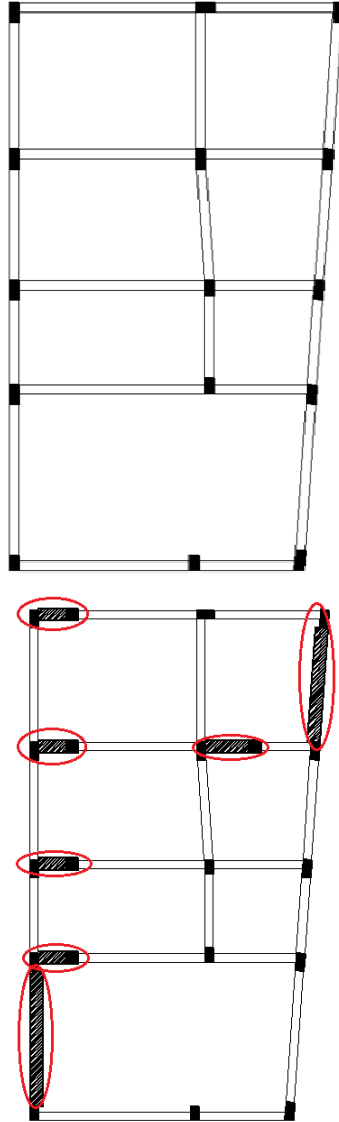
Şekil 3.8: S2-02 Nolu Binaya Ait Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Kalıp Planları



Şekil 3.9: S2-03 Nolu Binaya Ait Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Kalıp Planları



Şekil 3.10: S2-04 Nolu Binaya Ait Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Kalıp Planları

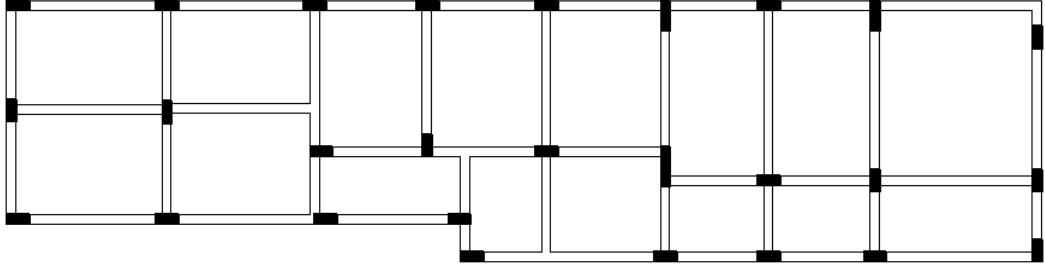


Şekil 3.11: S2-05 Nolu Binaya Ait Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Kalıp Planları

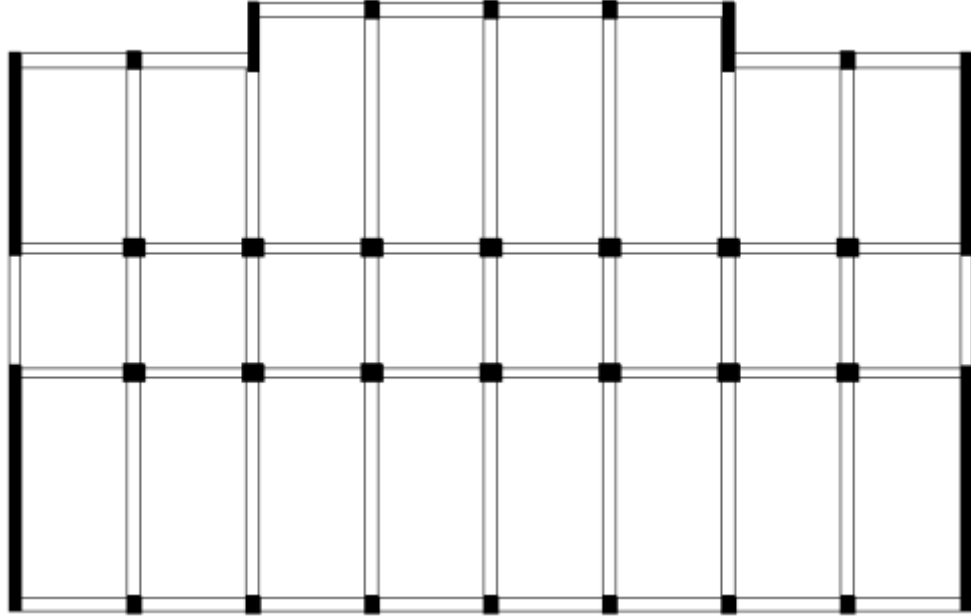
3.2.2 Hafif Hasarlı Kamu Binaları

Çalışma kapsamında incelenen kamu binaları, kat sayıları, dolgu duvar varlığı, taşıyıcı sistem özellikleri gibi kriter ve özelliklere göre ve Pamukkale Üniversitesi'nin Kütahya ili ve çevresinde 19 Mayıs 2011 Simav Depremi sonrası yürüttüğü inceleme ve güçlendirme çalışmalarının yapıldığı kamu binaları arasından seçilmiştir (İnel 2011). Ayrıca değerlendirme aşamasında Özcan (2013) tarafından ölçüm yapılan binalardan ve elde edilen ölçümlerden yararlanılmıştır.

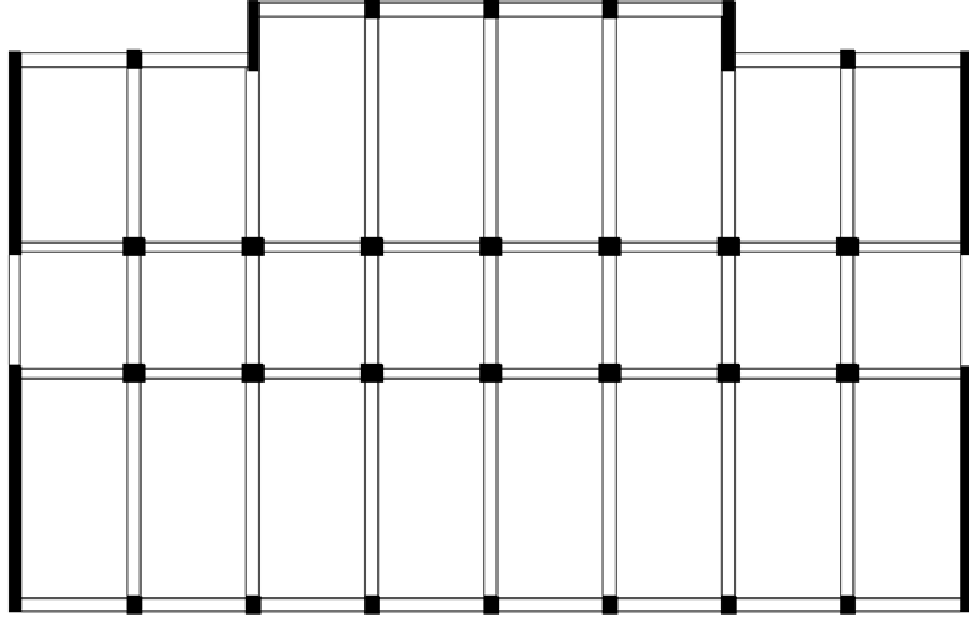
Kütahya ili Simav bölgesinde inceleme yapılan bazı kamu binalarına ait kalıp planları Şekil 3.12-3.15'te verilmiştir.



Şekil 3.12: S3-01 Nolu Binaya ait Kalıp Planı



Şekil 3.13: S3-04 Nolu Binaya ait Kalıp Planı



Şekil 3.14: S3-05 Nolu Binaya ait Kalıp Planı

3.3 Çalışma Kapsamında Oluşturulan Bina Setleri

Mevcut yapıların dinamik özelliklerinin belirlenmesi ve yorumlanması deprem mühendisliği açısından önemli bir durumdur. Ancak yapılan varsayımlar nedeniyle mevcut binaların gerçek davranışını belirlemek kolay değildir. Buna ek olarak malzeme özelliklerinin değişkenliği ve inşaat sırasında yapılan hatalar problemleri daha da zor hale getirmektedir.

Ortam titreşim ölçümleri yapıların dinamik özelliklerinin belirlenmesi için kullanılan deneysel bir yöntemdir. Bu yöntem kısa sürede çok sayıda bina incelemesi yapmak için kolay bir yöntemdir.

Denizli ve Simav bölgesinde yapılan çalışmalar sonrasında üç farklı sette, farklı kat sayısı ve farklı yapısal özelliklere sahip toplam 33 mevcut betonarme bina titreşim kayıtlarına dayalı olarak değerlendirilmiştir. İki ana yönde yapılan ölçümlerin spektrum grafikleri elde edilerek binanın hâkim titreşim periyotları belirlenmiştir. Aynı binalar bilgisayarda modellenerek modal özellikleri hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan mevcut betonarme yapıların ölçümler

ve analizlerle elde edilen karakteristik periyotları karşılaştırılmıştır. Oluşturulan setler ile ilgili bilgiler Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1: Oluşturulan Bina Setleri

Set 1				Set 2		Set 3	
Bina Numarası	Kat Sayısı	Bina Numarası	Kat Sayısı	Bina Numarası	Kat Sayısı	Bina Numarası	Kat Sayısı
S1-01	2	S1-13	5	S2-01	3	S3-01	4
S1-02	2	S1-14	5	S2-02	4	S3-02	5
S1-03	3	S1-15	5	S2-03	5	S3-03	5
S1-04	3	S1-16	6	S2-04	5	S3-04	5
S1-05	4	S1-17	6	S2-05	5	S3-05	3
S1-06	4	S1-18	6				
S1-07	4	S1-19	8				
S1-08	4	S1-20	9				
S1-09	4	S1-21	9				
S1-10	4	S1-22	9				
S1-11	4	S1-23	13				
S1-12	4						

Tablo 3.1’de verilen Set 1 binaları Denizli ve çevresindeki yeni binalar, Set 2 binaları 2011 Simav depremi sırasında hafif hasar alan konutlar, Set 3 binaları da Simav depreminde hafif hasar alan kamu binalarıdır.

4. FOURIER GENLİK SPEKTRUMLARININ ELDE EDİLMESİ

Çalışma kapsamında yapılan ölçüm sonuçları kullanılarak yapılan değerlendirmede Fourier Genlik Spektrumu kullanılmıştır. Ölçüm yapılan her bir bina için elde edilen Fourier Genlik Spektrumu ile ilgili yapılan işlemler örnek bir bina üzerinde bu bölümde anlatılarak çalışmada kullanılan diğer binalarla ilgili sonuçlar sonraki bölümde verilmiştir.

4.1 Örnek Bina İçin Fourier Genlik Spektrumlarının Elde Edilmesi

Çalışma kapsamında ölçüm yapılan S1-12 Nolu bina örnek olarak seçilmiştir. Denizli İli Merkez İlçesi Gümüşler Mahallesi'nde inşa edilen konut yapısından mikrotremor ölçümü alınmıştır. Konut yapısı zemin + 2 Normal Kat olmak üzere toplam 3 kattan oluşmaktadır. Yapının betonarme sistemi tamamlanmış olup dolgu duvarları örülmüş durumdadır ve ince işçiliği devam etmektedir. Ölçümler, binanın ağırlık merkezine yakın bir noktadan, hemen hemen her katta hep aynı nokta dikkate alınarak kat kirişi üzerinden ortalama 20 dakikalık periyotlar halinde alınmıştır. Ölçüm yapılan bina Şekil 4.1'de görülmektedir. Binaya ait zemin kat planı da Şekil 4.2'de verilmiştir.

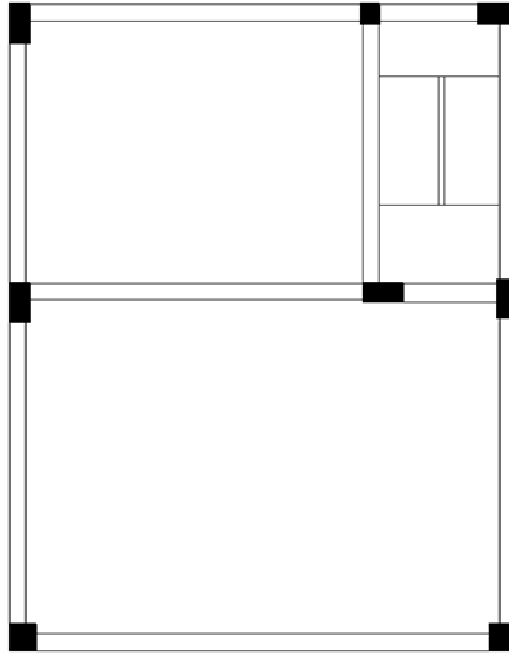
Mevcut yapıdan sismometre yardımı ile alınan ve Scream! Programı ile bilgisayar ortamına kaydedilen ölçüm kayıtlarından Geopsy programı ile genlik spektrumları elde edilmiştir.

Geopsy programında yapılan ilk işlem kaydedilen kayıtlar seçilerek grafikleri elde etmek olacaktır. Daha sonra Geopsy programında bulunan "Tools" kutucuğundan "Spectrum" seçilerek pencerele işlemi yapılacaktır. Pencere işlemi sonrası gerekli filtreleme işlemleri yapıldıktan sonra her iki yön için (Kuzey-Güney, Doğu-Batı) mevcut yapıya ait titreşim periyotları elde edilecektir. Seçilen kayıtlardan grafik elde etme işlemi Şekil 4.3; "Spectrum" grafiklerinin elde edilmesi Şekil 4.4;

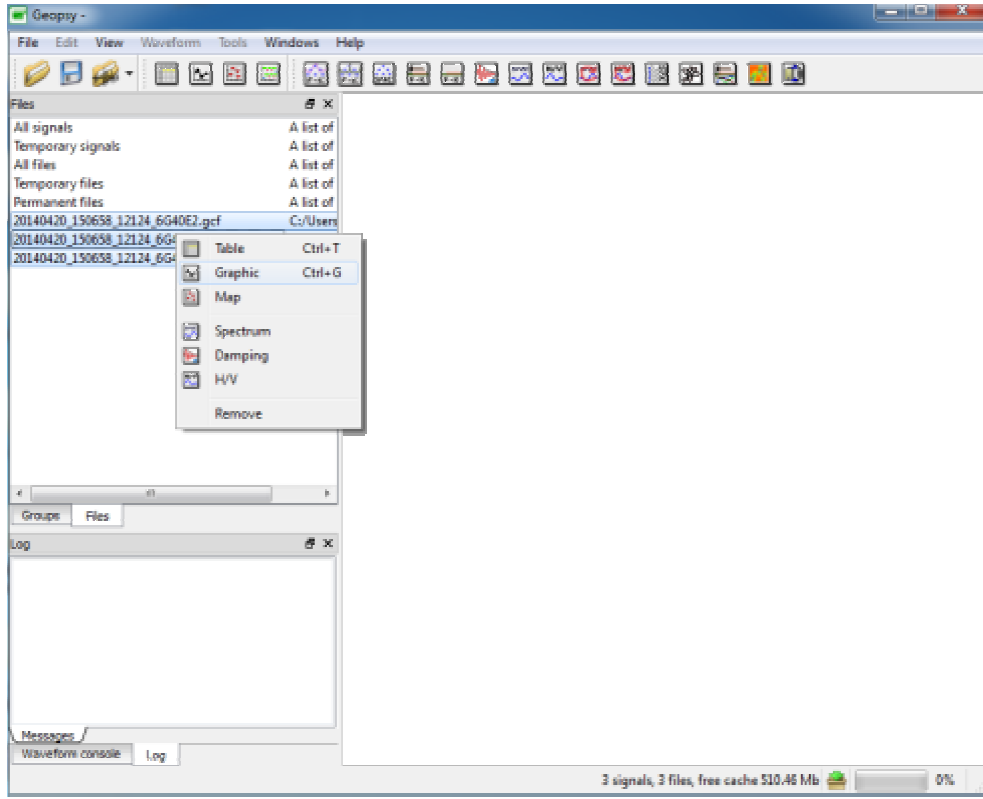
kayıtların pencerelemesi işlemi Şekil 4.5; pencerelemeli kayıtların filtrelemesi ise Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



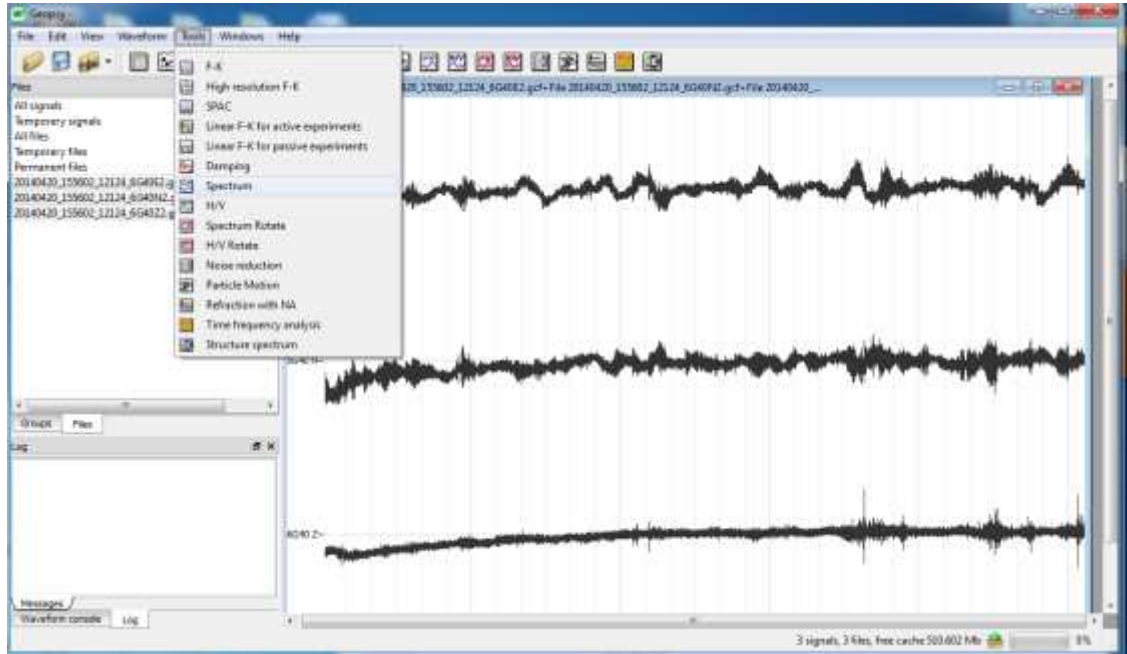
Şekil 4.1: Mikrotremör ölçümü yapılan bina (S1-12 Nolu Bina)



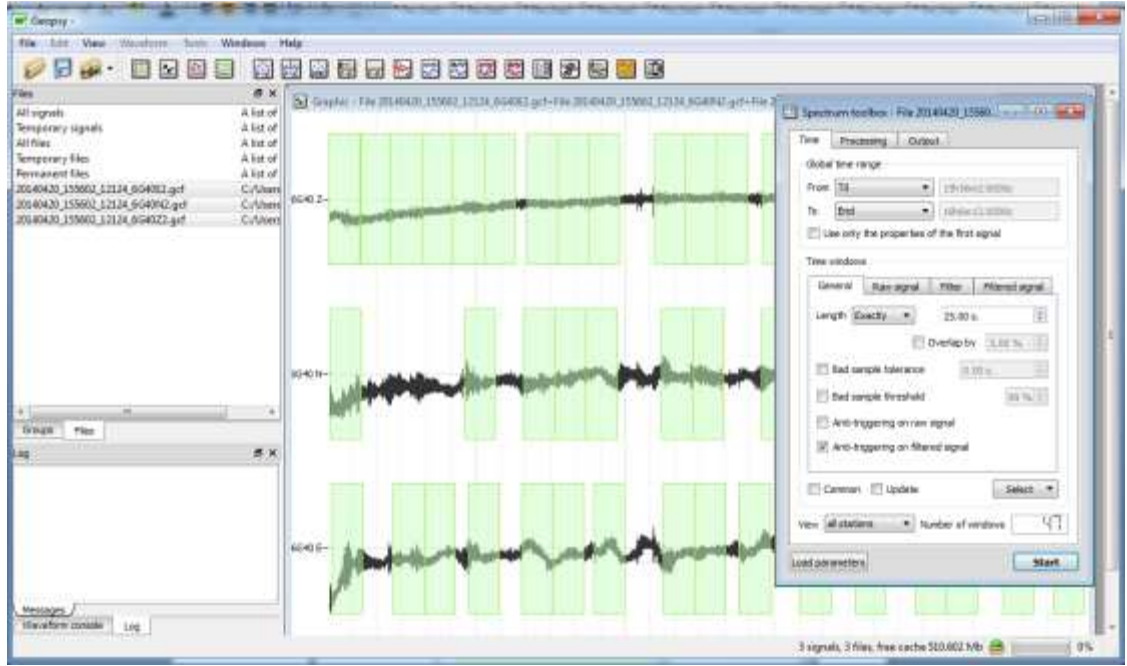
Şekil 4.2: Mikrotremör ölçümü yapılan bina ait Zemin Kat Planı (S1-12 Nolu Bina)



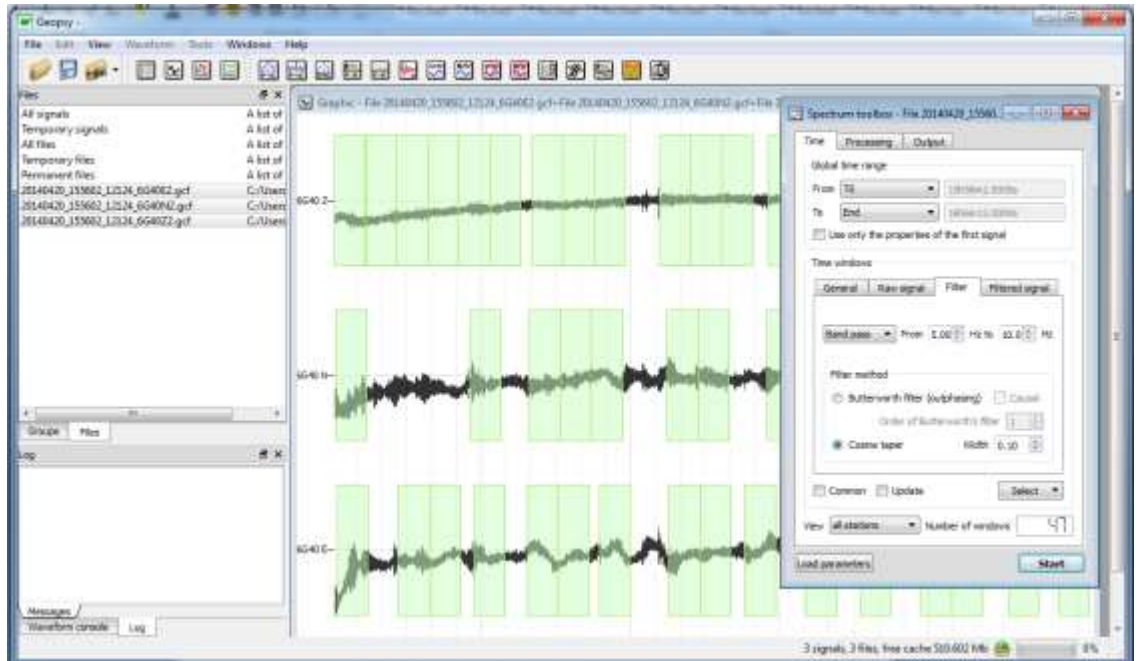
Şekil 4.3: Seçilen Kayıtlardan Grafik Elde Edilmesi



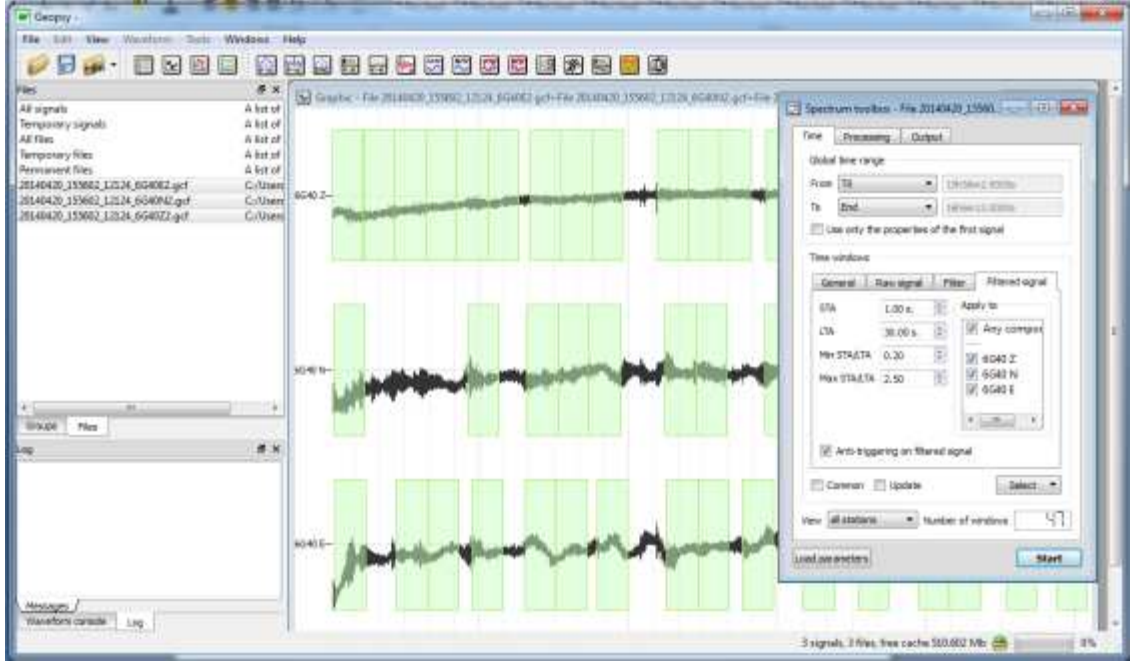
Şekil 4.4: Spectrum'un Seçilmesi



Şekil 4.5: Kayıtların Pencereleme İşlemi



Şekil 4.6: Kayıtların Filtrelenmesi

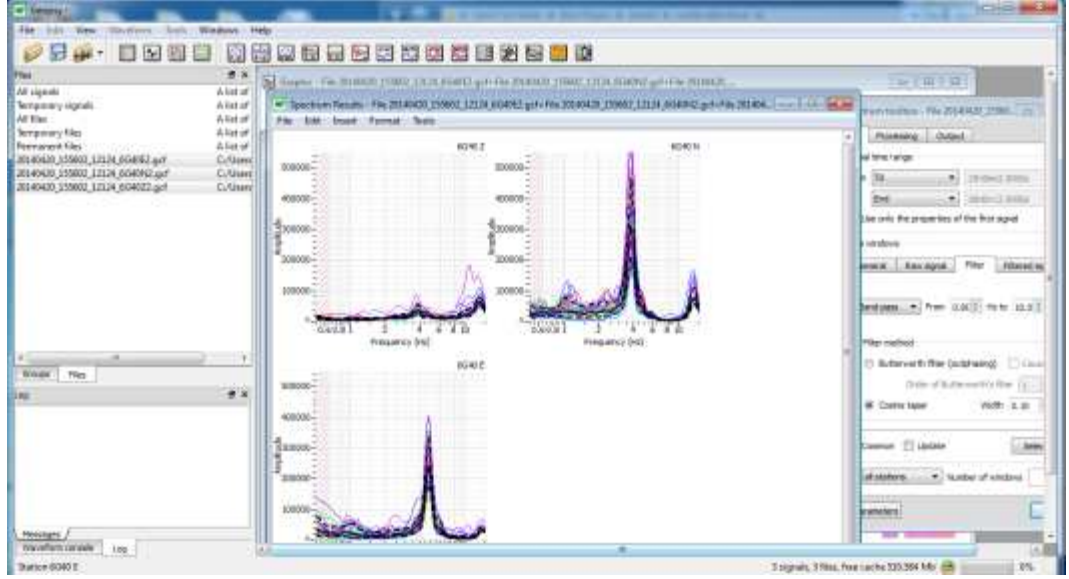


Şekil 4.7: Seçilen Kayıtların Filtreleme Aralıkları

Şekil 4.7’ de görülen seçilen kayıtların filtreleme işlemi;

- STA: Kısa zaman aralıklarında ölçüm değerlerinin mutlak değerinin ortalaması,
- LTA: Uzun zaman aralıklarında ölçüm değerlerinin mutlak değerinin ortalaması,
- STA/LTA: STA ve LTA değerleri birbirine oranlanarak hata oranı tayini yapılabilmektedir.

Şekil 4.8’de görülen genlik spektrumları binanın 2. Normal katına ait olup Z (düşey), N (Kuzey) ve E (Doğu) yönündeki genliklerini göstermektedir.



Şekil 4.8: 2. Normal Kata ait genlik spektrumu

Mikrotremor ölçümü yapılan binada, her kattan alınan ölçümlerde farklı periyotlarda oluşan titreşimlerden elde edilen maksimum salınım hızları kullanılarak Geopsy programında binanın her iki doğrultusu (Kuzey-Güney, Doğu-Batı) için spektrum grafikleri elde edilmiştir. Tablo 4.1, 4.2 ve 4.3'te her kata ait frekans genlik değerleri verilmiştir. Ayrıca her iki yöne ait (Kuzey-Güney, Doğu-Batı) spektrum grafikleri Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da görülmektedir.

Tablo 4.1: S1-12 Nolu Bina için Zemin Kat Genlik Değerleri

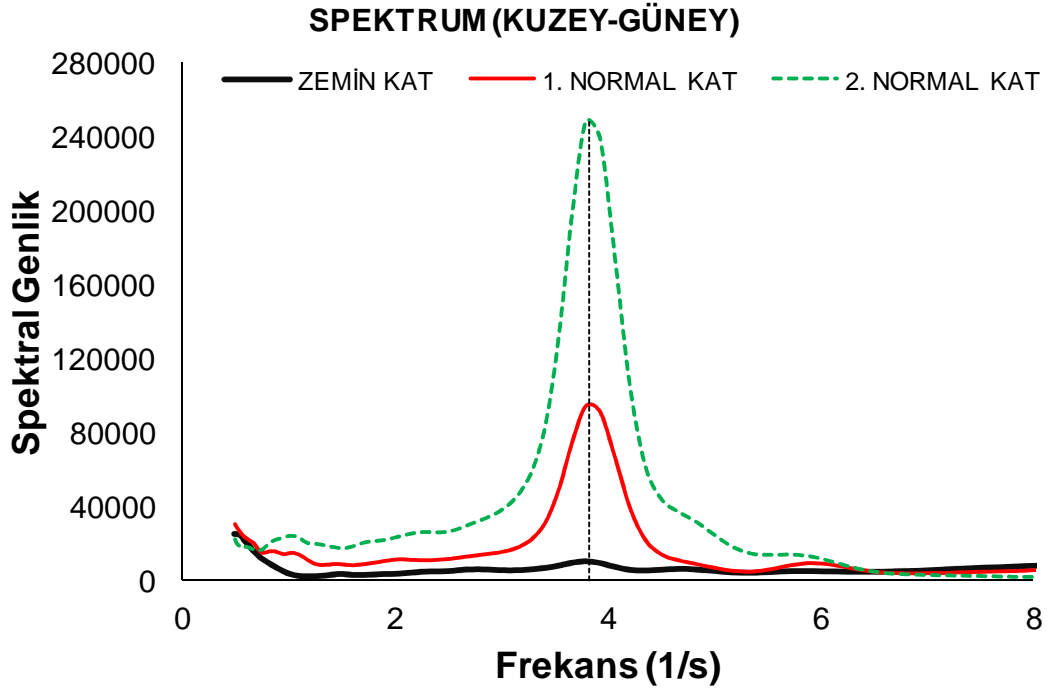
SPEKTRUM ZEMİN KAT				SPEKTRUM ZEMİN KAT			
N-S (KUZEY-GÜNEY)		N-S (KUZEY-GÜNEY)		E-W (DOĞU-BATI)		E-W (DOĞU-BATI)	
FREKANS (1/s)	GENLİK	FREKANS (1/s)	GENLİK	FREKANS (1/s)	GENLİK	FREKANS (1/s)	GENLİK
0.5	25690.9	2.78606	6527.37	0.5	33606.4	2.78606	5266.99
0.517476	25697.3	2.88344	6374.87	0.517476	31996.3	2.88344	5127.96
0.535563	25537.2	2.98423	6078.8	0.535563	28451.7	2.98423	4848.54
0.554283	25231.2	3.08853	5955.45	0.554283	24325.9	3.08853	4701.04
0.573656	24113.6	3.19648	6148.73	0.573656	21836.7	3.19648	4905.43
0.593707	22494.4	3.30821	6578.27	0.593707	20054.8	3.30821	5391.29
0.614458	21105.9	3.42384	7268.78	0.614458	18015.5	3.42384	5968.74
0.635935	19730.9	3.54351	8469.09	0.635935	15436.2	3.54351	6481.44
0.658163	18210.2	3.66737	10044.3	0.658163	13901.7	3.66737	6853.2
0.681167	16518.5	3.79555	10896.2	0.681167	12615.3	3.79555	7034.97
0.704976	15192.1	3.92821	9993.48	0.704976	12364.1	3.92821	6893.16
0.729616	13834.4	4.06551	7944.89	0.729616	11633.6	4.06551	6511.17
0.755118	12570.8	4.20761	6285.89	0.755118	10498.2	4.20761	6473.78
0.781512	11517.4	4.35468	5827.19	0.781512	9074.05	4.35468	7547.46
0.808827	10492.8	4.50689	6272.48	0.808827	7717.08	4.50689	9822.96
0.837098	9536.22	4.66441	6732	0.837098	6671.15	4.66441	11822.1
0.866357	8523.19	4.82745	6500.82	0.866357	6212.04	4.82745	11521.1
0.896638	7502.97	4.99618	5645.46	0.896638	5909.62	4.99618	8868.15
0.927978	6500.43	5.17081	4850.39	0.927978	5605.81	5.17081	6073
0.960413	5505.08	5.35154	4681.51	0.960413	5061.47	5.35154	5007.01
0.993982	4618.25	5.53859	5075.63	0.993982	4286.76	5.53859	5516.51
1.02872	3898.33	5.73218	5481.84	1.02872	3542.33	5.73218	6274.86
1.06468	3360.87	5.93253	5517.57	1.06468	3023.42	5.93253	6233.57
1.10189	3009.22	6.13989	5307.13	1.10189	2816.46	6.13989	5462.29
1.14041	2786.17	6.35449	5175.69	1.14041	2798.17	6.35449	4793.44
1.18027	2691.42	6.5766	5258.2	1.18027	2777.22	6.5766	4716.84
1.22152	2724.38	6.80647	5547.18	1.22152	2701.79	6.80647	5019.93
1.26422	2796.59	7.04437	6091.01	1.26422	2644.94	7.04437	5444.1
1.3084	2913.17	7.29059	6807.14	1.3084	2689.34	7.29059	5978.86
1.35414	3146.12	7.54541	7446.06	1.35414	2925.36	7.54541	6569.14
1.40147	3497.41	7.80914	7985.64	1.40147	3402.11	7.80914	7067.45
1.45045	3852.48	8.08209	8587.6	1.45045	3853.59	8.08209	7359.18
1.50115	3987.5	8.36458	9234.15	1.50115	3878.77	8.36458	7518.24
1.55362	3808.25	8.65694	9877.73	1.55362	3438.98	8.65694	7937.37
1.60792	3511.56	8.95953	10593.7	1.60792	2862.74	8.95953	8977.02
1.66412	3410.19	9.27268	11231.6	1.66412	2512.86	9.27268	10331.6
1.72228	3528.03	9.59679	11434.3	1.72228	2494.66	9.59679	11155
1.78248	3700.99	9.93222	11215.9	1.78248	2760.15	9.93222	11084.2
1.84479	3814.82	10.2794	10957.9	1.84479	3081.25	10.2794	10625.8
1.90927	3902.98	10.6387	10909.9	1.90927	3333.15	10.6387	10455.6
1.976	4007.7	11.0105	11065	1.976	3487.63	11.0105	10739.9
2.04506	4186.92	11.3954	11308.1	2.04506	3520.42	11.3954	11083.1
2.11654	4515.61	11.7937	11546.4	2.11654	3443.84	11.7937	11114.4
2.19052	4909.91	12.2059	11666.7	2.19052	3393.2	12.2059	11041.2
2.26709	5204.97	12.6325	11518.7	2.26709	3511.51	12.6325	11544.1
2.34633	5325.5	13.074	11161	2.34633	3835.21	13.074	12995.3
2.42834	5393	13.531	10977.9	2.42834	4225.62	13.531	14753.6
2.51321	5617.72	14.0039	11112.1	2.51321	4588.77	14.0039	15472.9
2.60106	6013.92	14.4934	11084	2.60106	4929.12	14.4934	14428.2
2.69197	6383.39	15	10447.8	2.69197	5183.98	15	12267.1

Tablo 4.2: S1-12 Nolu Bina için 1. Normal Kat Genlik Değerleri

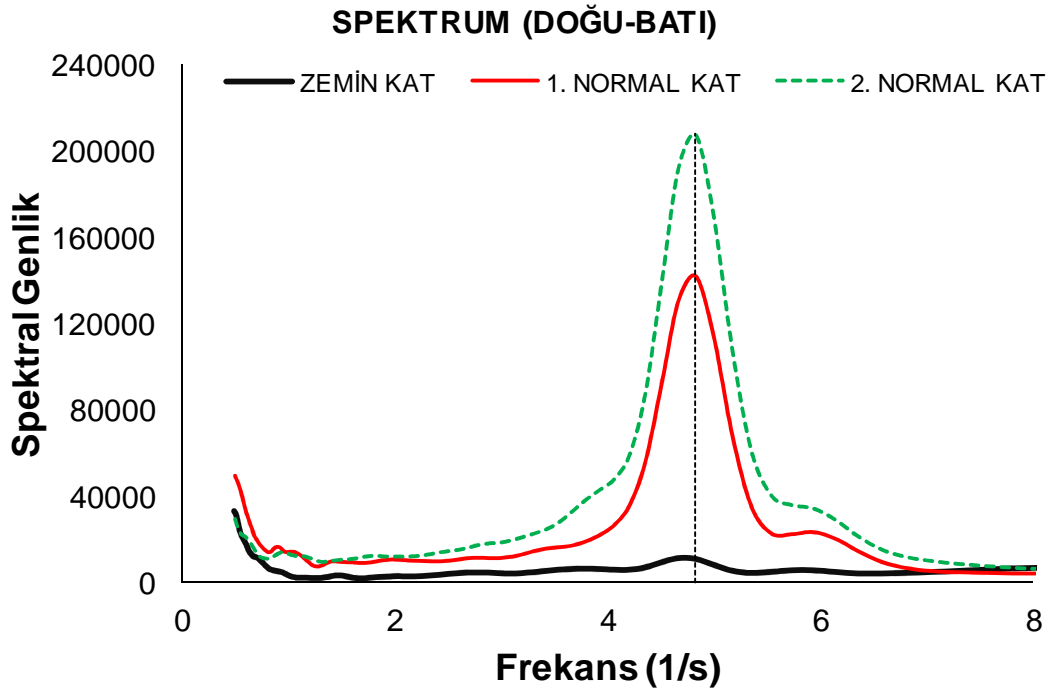
SPEKTRUM 1. NORMAL KAT				SPEKTRUM 1.NORMAL KAT			
N-S (KUZEY-GÜNEY)		N-S (KUZEY-GÜNEY)		E-W (DOĞU-BATI)		E-W (DOĞU-BATI)	
FREKANS (1/s)	GENLİK	FREKANS (1/s)	GENLİK	FREKANS (1/s)	GENLİK	FREKANS (1/s)	GENLİK
0.5	30904.7	2.78606	14230.8	0.5	49555.7	2.78606	11471.4
0.517476	28995.2	2.88344	14866	0.517476	47441.1	2.88344	11341.8
0.535563	27737.9	2.98423	15646	0.535563	45149.2	2.98423	11329.7
0.554283	26017.2	3.08853	16956.4	0.554283	42140	3.08853	11834.2
0.573656	24813.8	3.19648	19454.1	0.573656	38558.3	3.19648	13008
0.593707	23770.3	3.30821	23948	0.593707	34562.6	3.30821	14524.3
0.614458	22988.8	3.42384	32678.9	0.614458	31123	3.42384	15681.2
0.635935	22119.4	3.54351	49906.7	0.635935	27947.8	3.54351	16292.8
0.658163	21277.8	3.66737	75161.4	0.658163	24897.5	3.66737	17156.2
0.681167	20294	3.79555	94692.8	0.681167	21565.8	3.79555	19052.7
0.704976	18246.4	3.92821	91700.4	0.704976	19727.9	3.92821	22084.8
0.729616	16552.8	4.06551	67761.9	0.729616	17760.2	4.06551	26797.6
0.755118	15461.1	4.20761	40249.5	0.755118	16282.5	4.20761	35933.7
0.781512	15583.5	4.35468	22371.6	0.781512	15035.3	4.35468	55999.1
0.808827	15937.1	4.50689	14519.5	0.808827	14082.1	4.50689	92060.2
0.837098	16332.9	4.66441	11387.8	0.837098	14321.9	4.66441	130698
0.866357	16228.7	4.82745	9411.08	0.866357	15774.8	4.82745	142451
0.896638	15759.2	4.99618	7413.19	0.896638	16554.8	4.99618	114459
0.927978	15129.7	5.17081	5704.25	0.927978	16022.8	5.17081	68637.9
0.960413	14676.4	5.35154	5262.15	0.960413	14384.5	5.35154	35192.6
0.993982	14992.9	5.53859	6638.02	0.993982	14104.1	5.53859	22716.3
1.02872	15336.8	5.73218	8856.57	1.02872	14328.4	5.73218	22418.2
1.06468	15159.2	5.93253	9869.34	1.06468	14064.1	5.93253	23395.3
1.10189	14370.7	6.13989	8652.14	1.10189	13076.4	6.13989	20313.4
1.14041	13123.2	6.35449	6381.55	1.14041	11598.3	6.35449	14481.4
1.18027	11641.4	6.5766	4789.19	1.18027	9866.21	6.5766	9476.21
1.22152	10236.3	6.80647	4307.7	1.22152	8161.86	6.80647	6628.04
1.26422	9254.03	7.04437	4441.22	1.26422	7376.77	7.04437	5282.94
1.3084	8866.46	7.29059	4769.16	1.3084	7761.2	7.29059	4690.78
1.35414	8926.68	7.54541	5149.07	1.35414	8841.69	7.54541	4378.23
1.40147	9189.48	7.80914	5599.07	1.40147	9705.33	7.80914	4151.5
1.45045	9369.52	8.08209	6167.69	1.45045	9725.51	8.08209	4067.48
1.50115	9238.38	8.36458	6815.55	1.50115	9483.57	8.36458	4118.49
1.55362	8869.12	8.65694	7608.23	1.55362	9387.47	8.65694	4287.86
1.60792	8703.84	8.95953	8743.31	1.60792	9292.34	8.95953	4683.57
1.66412	8947.48	9.27268	10092.5	1.66412	9106.54	9.27268	5294.73
1.72228	9408.71	9.59679	11171.8	1.72228	9054.88	9.59679	5906.02
1.78248	9932.46	9.93222	11851.8	1.78248	9381.74	9.93222	6502.44
1.84479	10448.9	10.2794	12573.2	1.84479	9924.8	10.2794	7283.75
1.90927	11018	10.6387	13859.6	1.90927	10438	10.6387	8275.58
1.976	11593.1	11.0105	16007.2	1.976	10645.7	11.0105	9422.16
2.04506	11916	11.3954	19167.5	2.04506	10496.2	11.3954	10815
2.11654	11812.7	11.7937	23801	2.11654	10217.4	11.7937	12562
2.19052	11515.8	12.2059	31171.9	2.19052	10045.1	12.2059	14939.7
2.26709	11343.2	12.6325	42466.8	2.26709	9902.78	12.6325	18826.2
2.34633	11410.7	13.074	55166.4	2.34633	9790.08	13.074	24880.2
2.42834	11686.8	13.531	61257.8	2.42834	9831.2	13.531	31582.1
2.51321	12121.5	14.0039	54423	2.51321	10132.1	14.0039	35286.8
2.60106	12766.4	14.4934	38281.3	2.60106	10710.1	14.4934	33706.1
2.69197	13537.4	15	22731.7	2.69197	11278.3	15	28738.9

Tablo 4.3: S1-12 Nolu Bina için 2. Normal Kat Genlik Değerleri

SPEKTRUM 2. NORMAL KAT				SPEKTRUM 2. NORMAL KAT			
N-S (KUZEY-GÜNEY)		N-S (KUZEY-GÜNEY)		E-W (DOĞU-BATI)		E-W (DOĞU-BATI)	
FREKANS (1/s)	GENLİK	FREKANS (1/s)	GENLİK	FREKANS (1/s)	GENLİK	FREKANS (1/s)	GENLİK
0.5	22225.2	2.78606	32032.2	0.5	29622.4	2.78606	17502.8
0.517476	19857	2.88344	34295.9	0.517476	26710.1	2.88344	18238.3
0.535563	18824.2	2.98423	37262.4	0.535563	24857.4	2.98423	18623.5
0.554283	17521.3	3.08853	41759.2	0.554283	22759.7	3.08853	19550.5
0.573656	17524.9	3.19648	49213.1	0.573656	21973.7	3.19648	21122
0.593707	18055.1	3.30821	61903	0.593707	21436.8	3.30821	22823.7
0.614458	18017.8	3.42384	86225.9	0.614458	20430.8	3.42384	24792.2
0.635935	17522.6	3.54351	132630	0.635935	19088.4	3.54351	28086.4
0.658163	17079	3.66737	198394	0.658163	17456.3	3.66737	33050.1
0.681167	16492.9	3.79555	248029	0.681167	15523.2	3.79555	38442.1
0.704976	16423.5	3.92821	238930	0.704976	13704.8	3.92821	43115.4
0.729616	16342.1	4.06551	176166	0.729616	12294.3	4.06551	48183.3
0.755118	16676.1	4.20761	105722	0.755118	11599.8	4.20761	59429.3
0.781512	18006.9	4.35468	61696.7	0.781512	11334.9	4.35468	87716.5
0.808827	19395.3	4.50689	43743.1	0.808827	11179.5	4.50689	138584
0.837098	20641.9	4.66441	37075.4	0.837098	11385.1	4.66441	191845
0.866357	21586.1	4.82745	31802.6	0.866357	12380.1	4.82745	207744
0.896638	22240.5	4.99618	24897.4	0.896638	13313	4.99618	170240
0.927978	22682.3	5.17081	18213.6	0.927978	14047.3	5.17081	108307
0.960413	23217.6	5.35154	14455.1	0.960413	14228.5	5.35154	61020.5
0.993982	23842.7	5.53859	13775.1	0.993982	13602.7	5.53859	40436.4
1.02872	24076.6	5.73218	13954.5	1.02872	12908.9	5.73218	36005
1.06468	23864.8	5.93253	12691.4	1.06468	12532.7	5.93253	34456.9
1.10189	22992.2	6.13989	9602.92	1.10189	12449.6	6.13989	29201
1.14041	21504.2	6.35449	6277.3	1.14041	12331.8	6.35449	21481.2
1.18027	20203.1	6.5766	4178.62	1.18027	11880.3	6.5766	15346.6
1.22152	19747.9	6.80647	3282.49	1.22152	11115.9	6.80647	11964.9
1.26422	19681.6	7.04437	2883.03	1.26422	10263.9	7.04437	10085.2
1.3084	19352.4	7.29059	2585.74	1.3084	9740.21	7.29059	8804.37
1.35414	18776.2	7.54541	2289	1.35414	9750.56	7.54541	7818.37
1.40147	18200.8	7.80914	1982.65	1.40147	10110.7	7.80914	6988.59
1.45045	17714.2	8.08209	1736.8	1.45045	10476.8	8.08209	6295.59
1.50115	17425	8.36458	1651.56	1.50115	10690.3	8.36458	5785.22
1.55362	17582.7	8.65694	1797.01	1.55362	10843	8.65694	5451.39
1.60792	18398.4	8.95953	2167.82	1.60792	11101	8.95953	5229.44
1.66412	19550.6	9.27268	2674.61	1.66412	11583.9	9.27268	5054.35
1.72228	20554	9.59679	3232.82	1.72228	12175.8	9.59679	4835.27
1.78248	21116.6	9.93222	3886.96	1.78248	12528.1	9.93222	4555.21
1.84479	21392.6	10.2794	4793.7	1.84479	12463.2	10.2794	4331.49
1.90927	21867.8	10.6387	6133.62	1.90927	12238.5	10.6387	4281.43
1.976	22745.6	11.0105	8102.67	1.976	12166.3	11.0105	4519.76
2.04506	23767.6	11.3954	11055.1	2.04506	12160.8	11.3954	5184.53
2.11654	24804.9	11.7937	15958.4	2.11654	12199.8	11.7937	6389.55
2.19052	25659.4	12.2059	24383.6	2.19052	12373.8	12.2059	8374.31
2.26709	26095.5	12.6325	36775.3	2.26709	12742.9	12.6325	11721.6
2.34633	26027	13.074	49865.8	2.34633	13401.2	13.074	16792.9
2.42834	25852.9	13.531	56892.9	2.42834	14164.2	13.531	22366.2
2.51321	26419.7	14.0039	53073.3	2.51321	14754.9	14.0039	25704.7
2.60106	27912.2	14.4934	40725.1	2.60106	15309.3	14.4934	25101.1
2.69197	29922.4	15	27151.3	2.69197	16281.1	15	21981



Şekil 4.9: S1-12 Nolu Bina için Kuzey-Güney (N-S) Doğrultusu Spektrum Grafiği



Şekil 4.10: S1-12 Nolu Bina için Doğu-Batı (E-W) Doğrultusu Spektrum Grafiği

Şekil 4.9’ da 4 Hz civarında, Şekil 4.10’da 5 Hz civarında görülen pik değerleri o yönlerde binanın baskın periyodunu göstermektedir. Dolayısıyla binanın

Kuzey-Güney yönündeki periyodu 0.25 s ve Doğu-Batı yönündeki periyodu da 0.2 s olarak ölçülmüştür.

5. ÖLÇÜMLERDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

5.1 Denizli ve Çevresindeki Binalarda Yapılan Çalışma Sonuçları

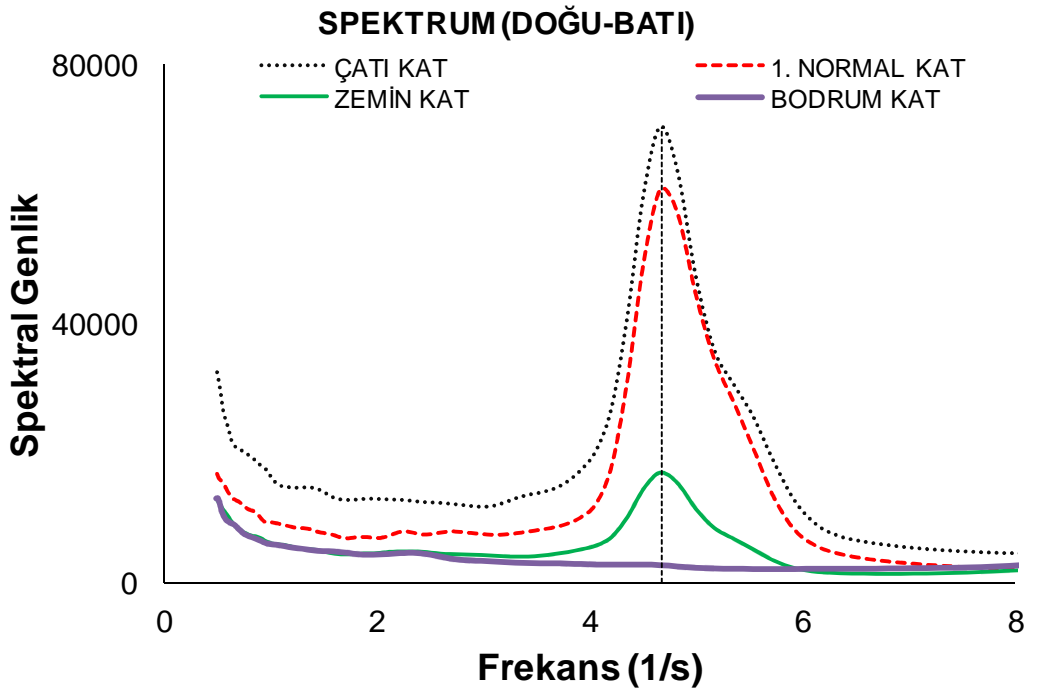
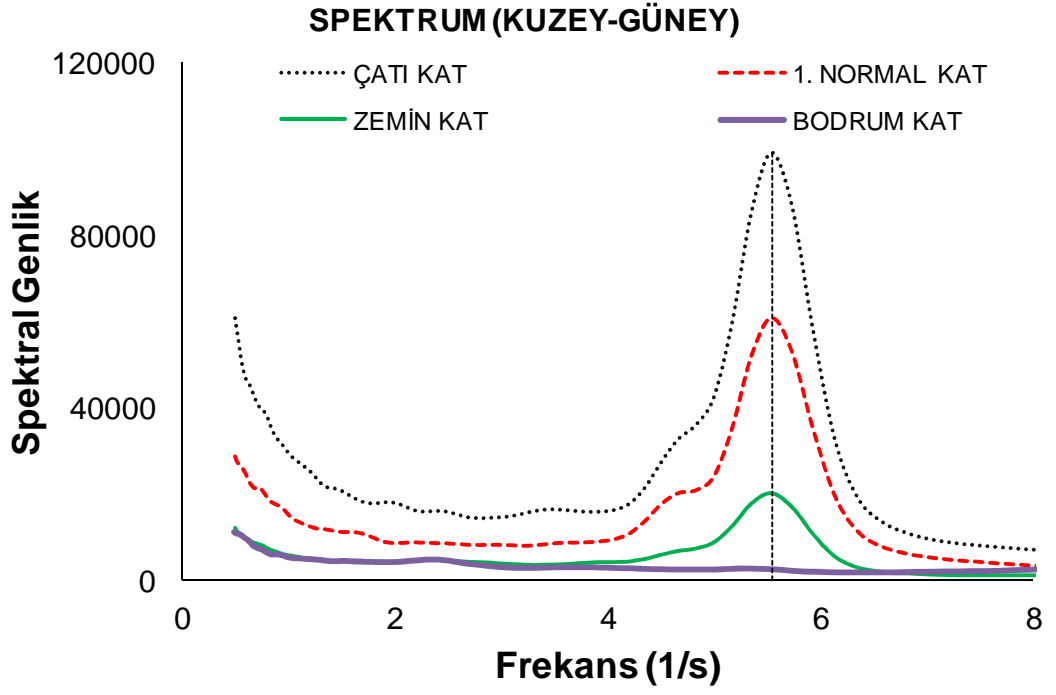
Denizli ve çevresinde yapılan ölçümler duvarsız ve duvarlı modeller olarak sınıflandırılarak dolgu duvarların ve katsayısının binanın karakteristik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

5.1.1 Dolgu Duvar Uygulaması Öncesi Ölçüm Sonuçları

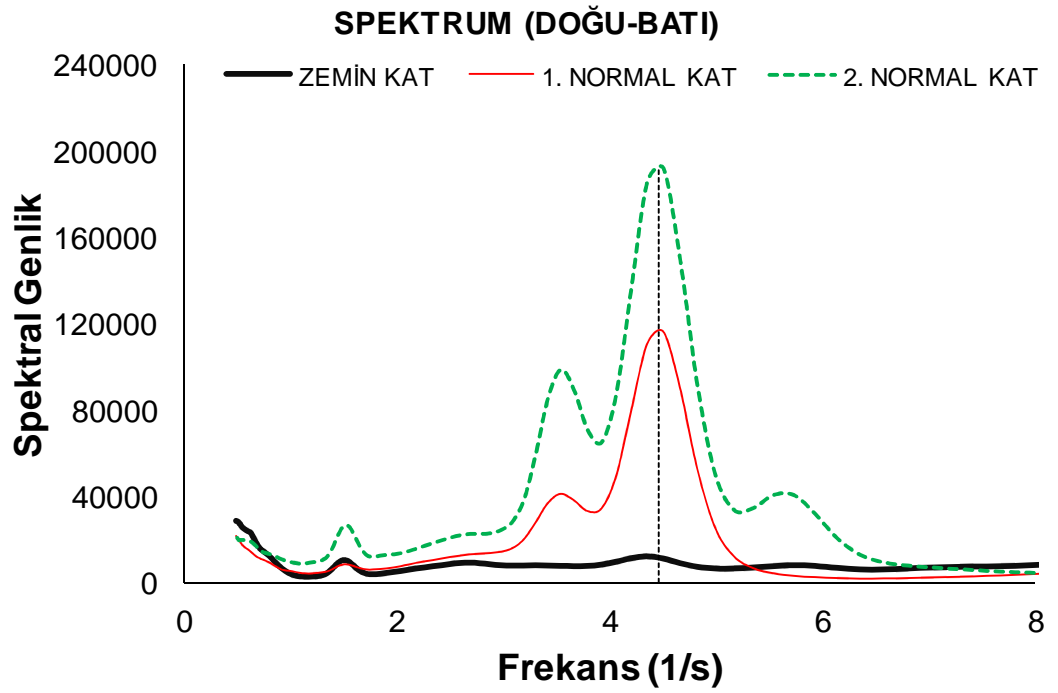
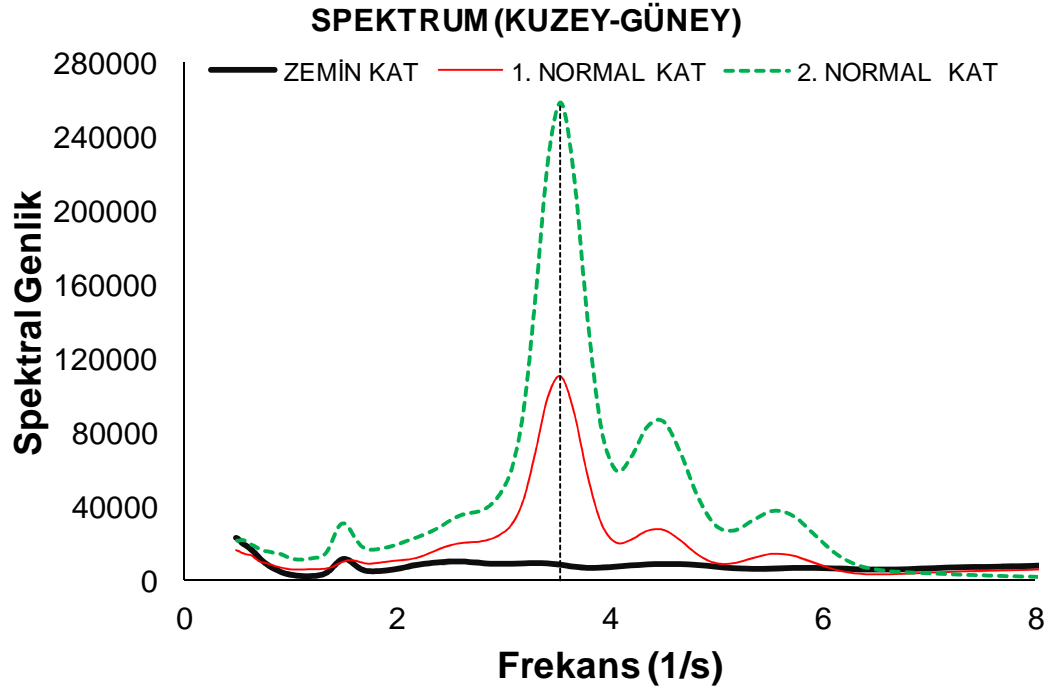
Bu bölüm kapsamında Denizli ilindeki farklı binalardan oluşturulan Set 1 binaları içinden 6 adet bina seçilerek dolgu duvar uygulaması öncesi ölçümler alınmıştır. Bu kapsamda ölçümleri yapılan binalara ait mikrotremor verileri Tablo 5.1’de verilmiştir. Bu binalara ait dolgu duvar öncesi ölçümler sonucu elde edilen spektrum grafikleri Şekil 5.1-5.6’da verilmiştir.

Tablo 5.1: Dolgu Duvar Öncesi Periyotlar

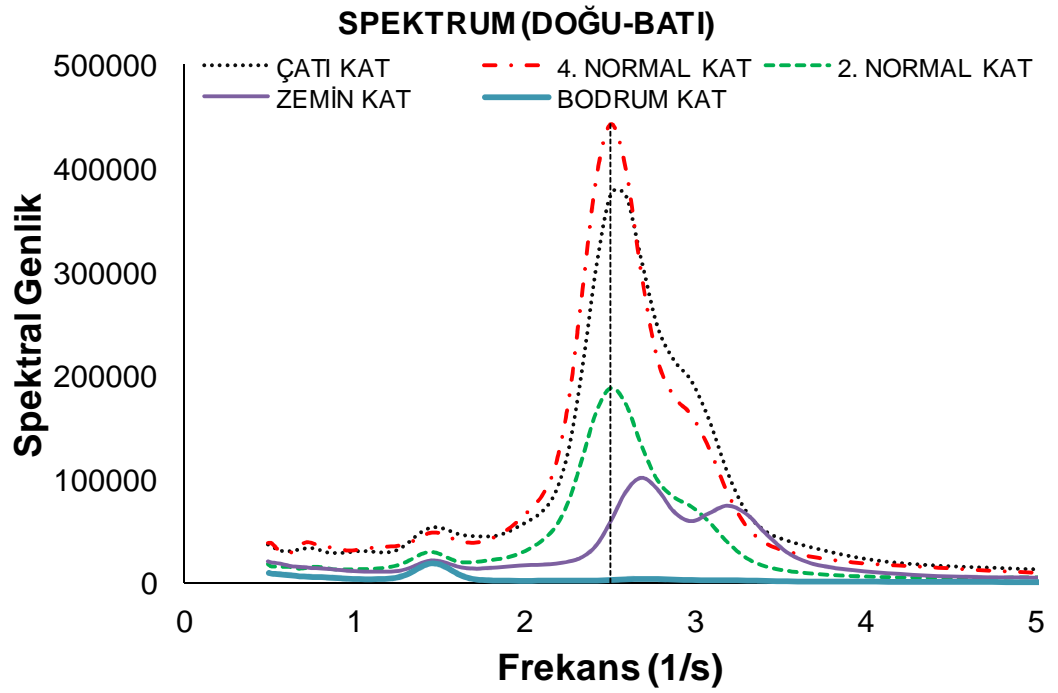
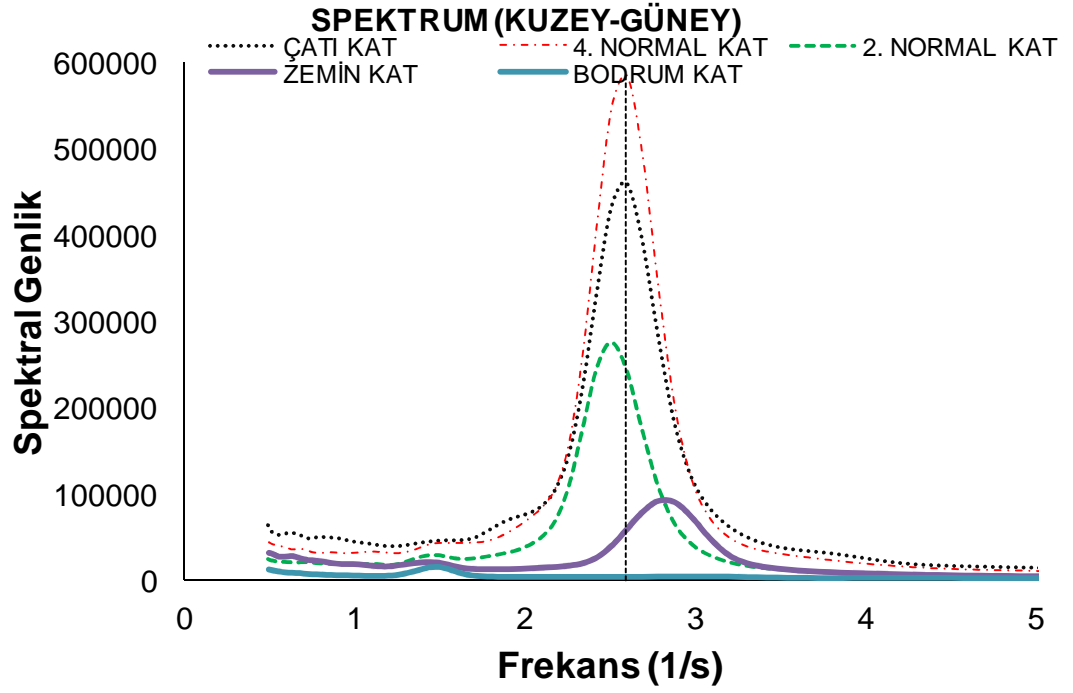
DOLGU DUVAR ÖNCESİ		
BİNA NO	MİKROTREMOR	
	PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT ZAYIF YÖN
S1-02	0.180	0.214
S1-12	0.226	0.282
S1-15	0.386	0.551
S1-18	0.446	0.455
S1-19	0.382	0.441
S1-20	0.347	0.397



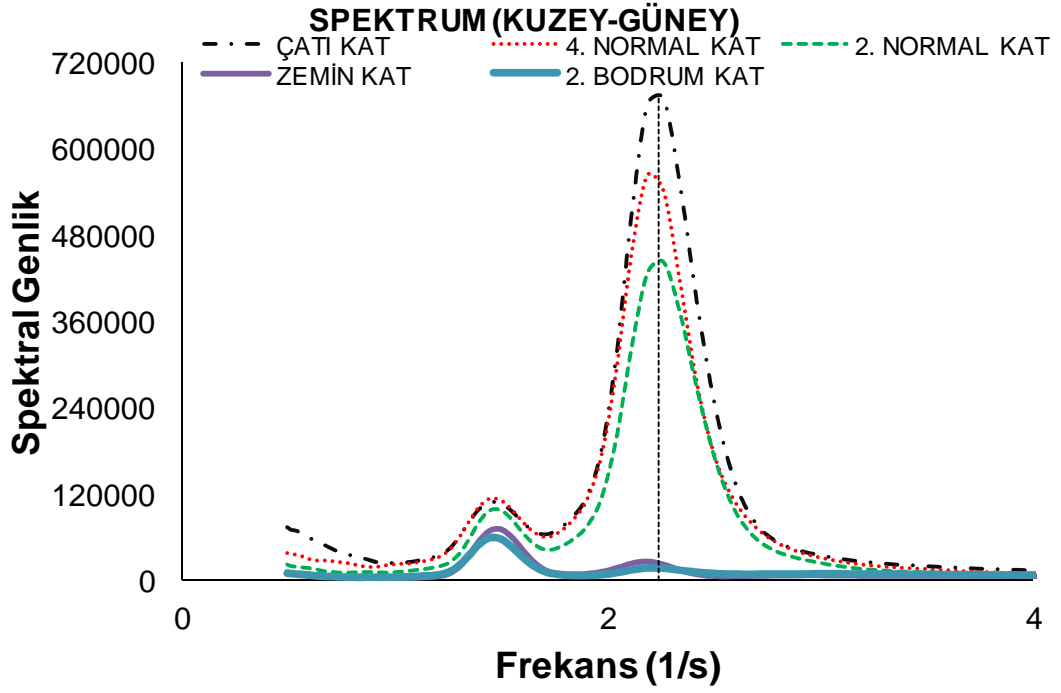
Şekil 5.1: S1-02 nolu binaya ait dolgu duvar öncesi spektrum grafikleri



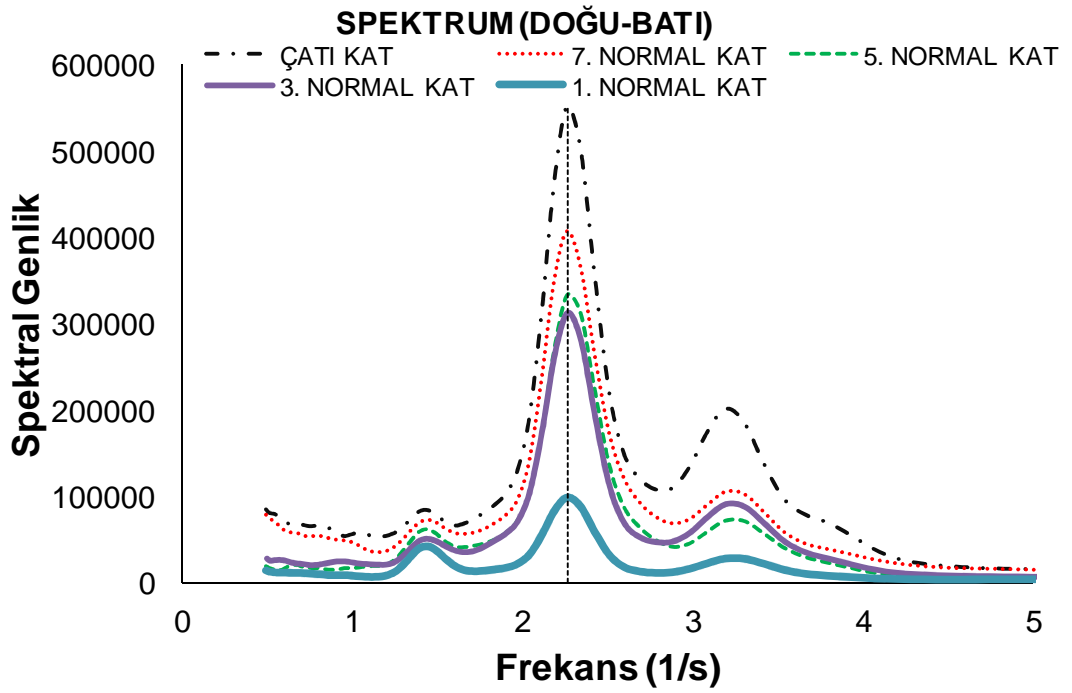
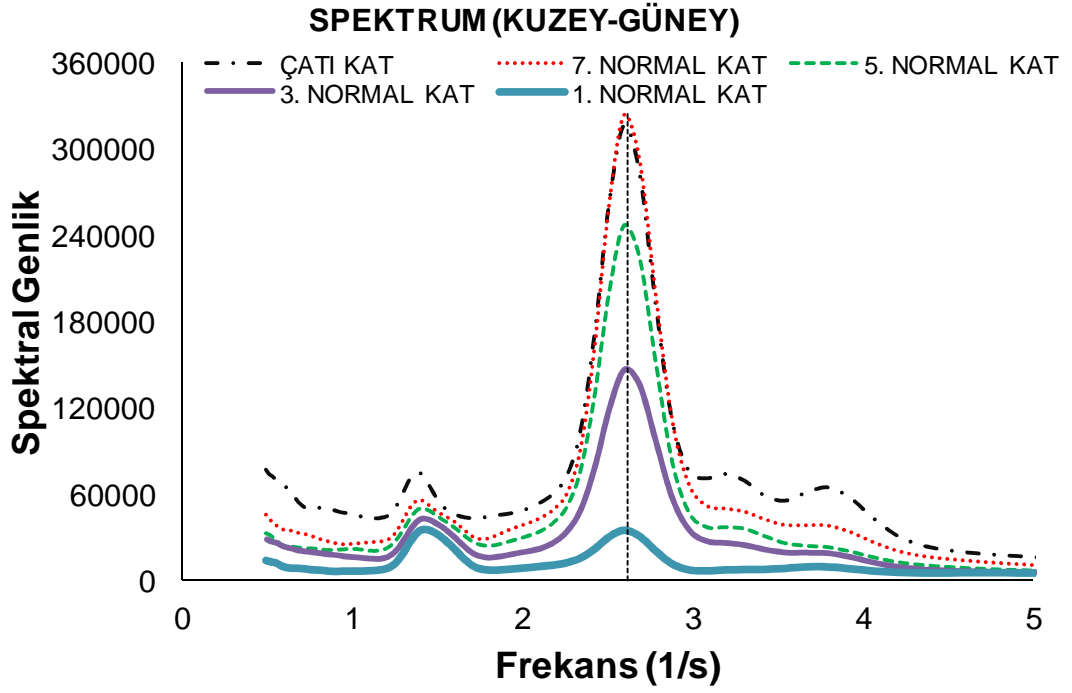
Şekil 5.2: S1-12 nolu binaya ait dolgu duvar öncesi spektrum grafikleri



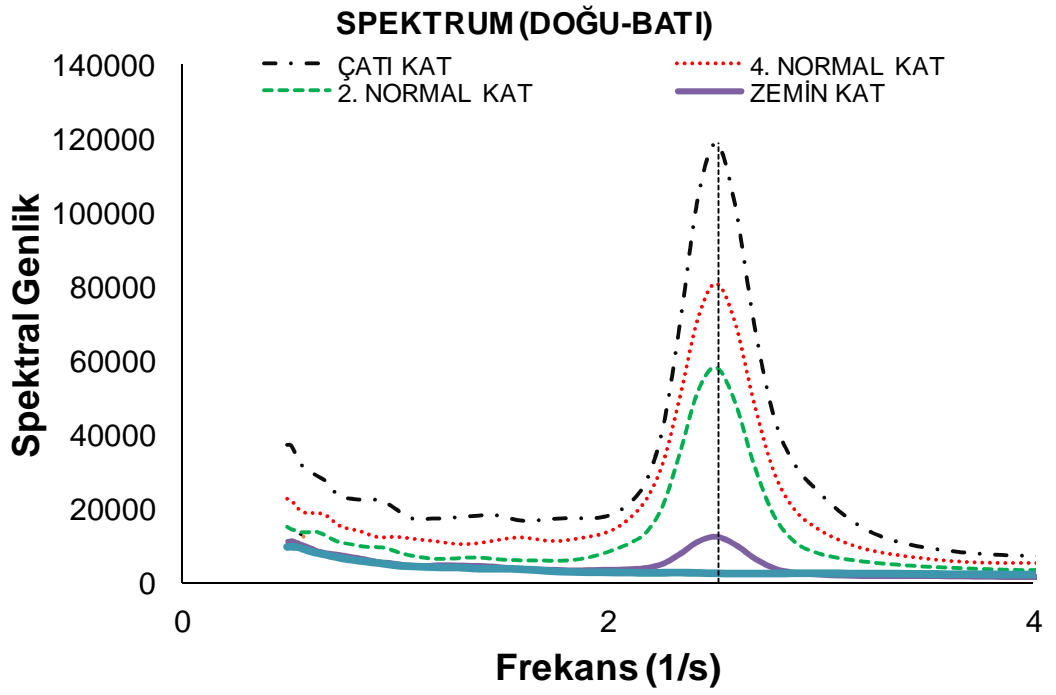
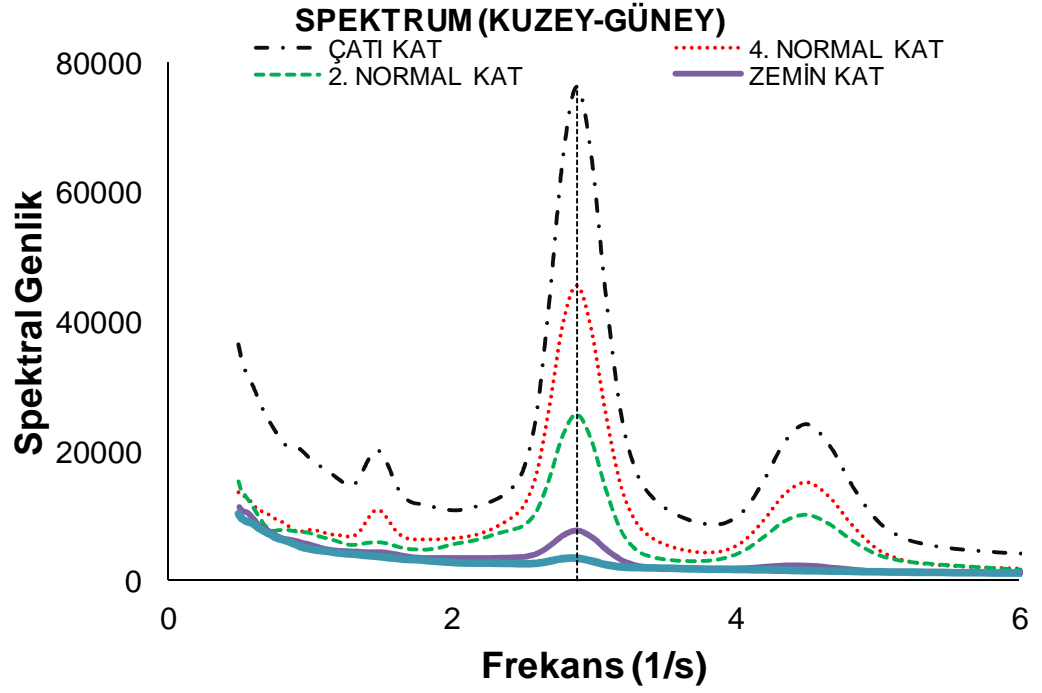
Şekil 5.3: S1-15 nolu binaya ait dolgu duvar öncesi spektrum grafikleri



Şekil 5.4: S1-18 nolu binaya ait dolgu duvar öncesi spektrum grafikleri



Şekil 5.5: S1-19 nolu binaya ait dolgu duvar öncesi spektrum grafikleri



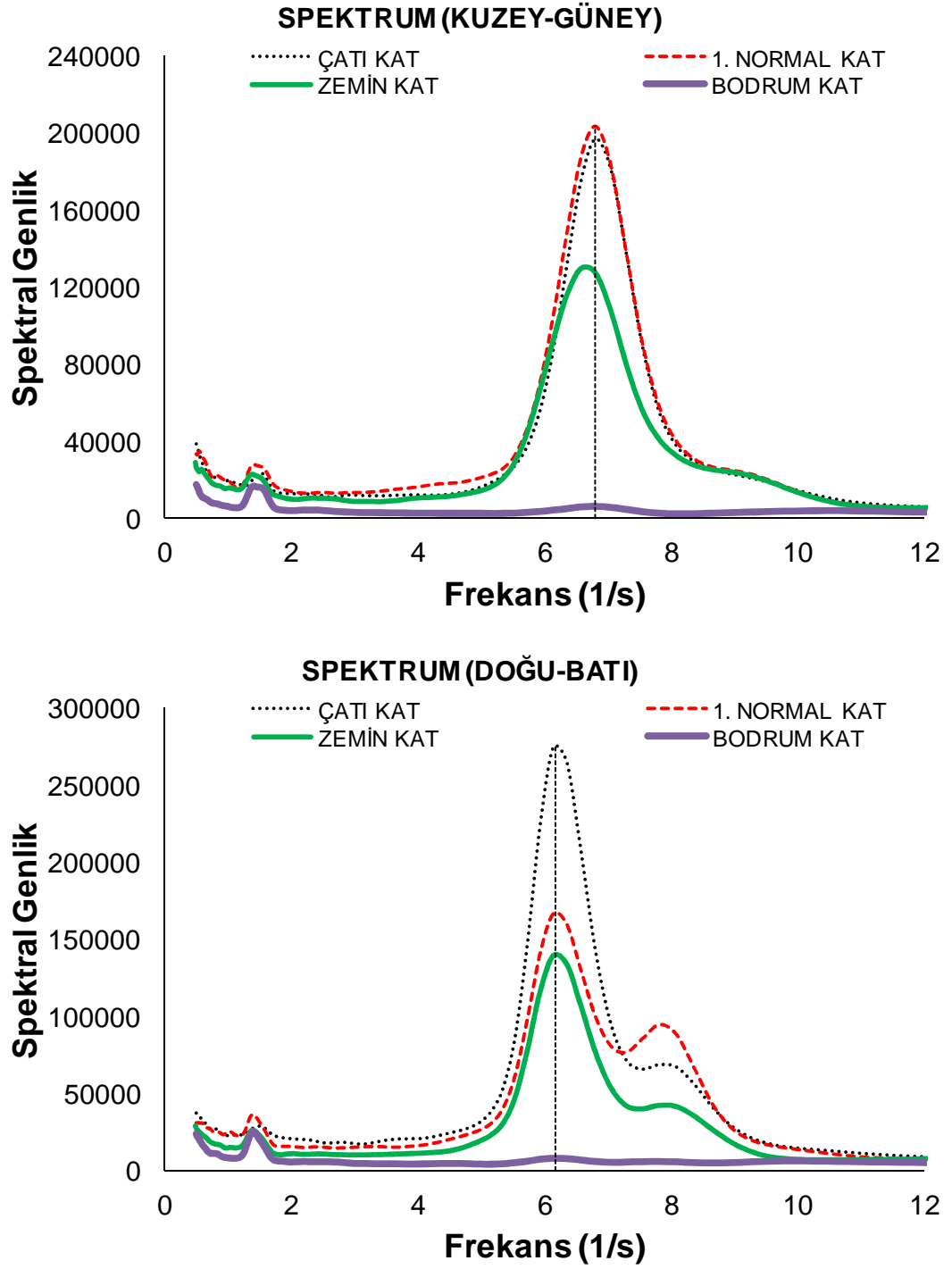
Şekil 5.6: S1-20 nolu binaya ait dolgu duvar öncesi spektrum grafikleri

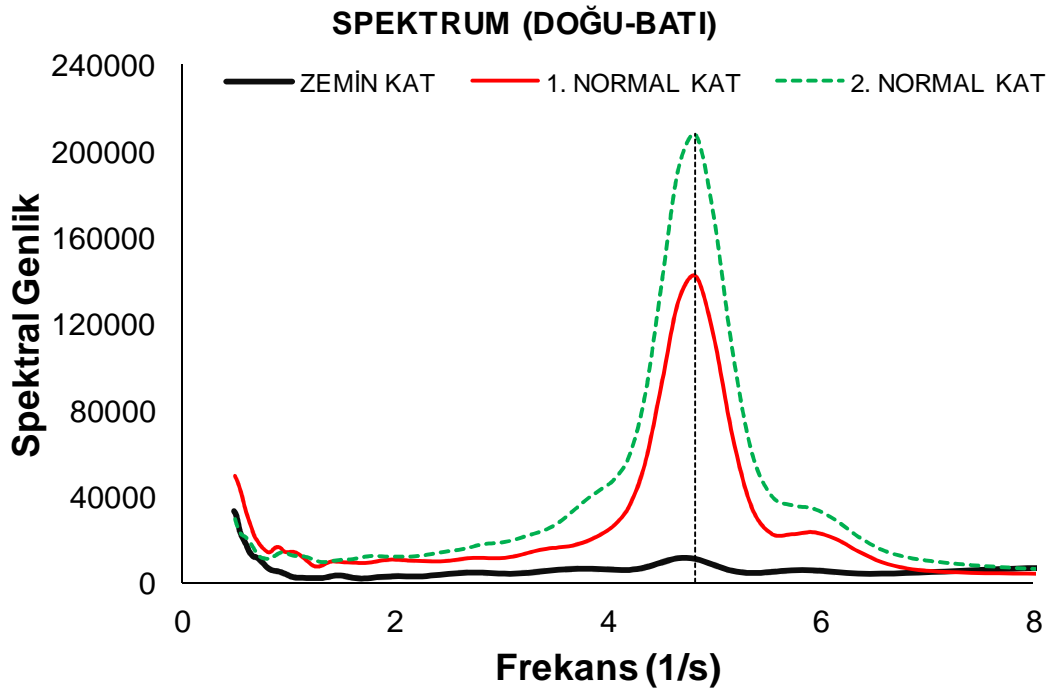
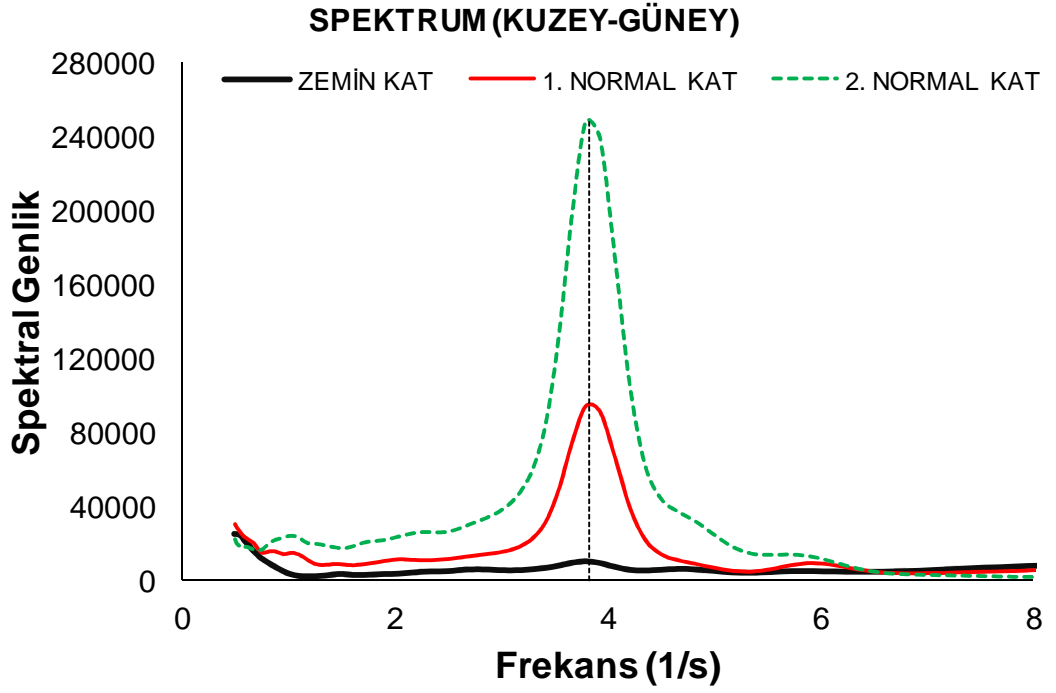
5.1.2 Dolgu Duvar Uygulaması Sonrası Ölçüm Sonuçları

Tablo 5.1’de verilen Denizli bölgesinde dolgu duvar öncesi ölçüm alınan binalarda dolgu duvar sonrası da ölçümler yapılarak dolgu duvar uygulamasının periyot üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda mikrotremor ölçümleri yapılan binalara ait mikrotremor verileri Tablo 5.2’de verilmiştir. Şekil 5.7-5.12’de ise bu binalara ait dolgu duvar sonrası alınan ölçümlerden elde edilen spektrum grafikleri verilmiştir.

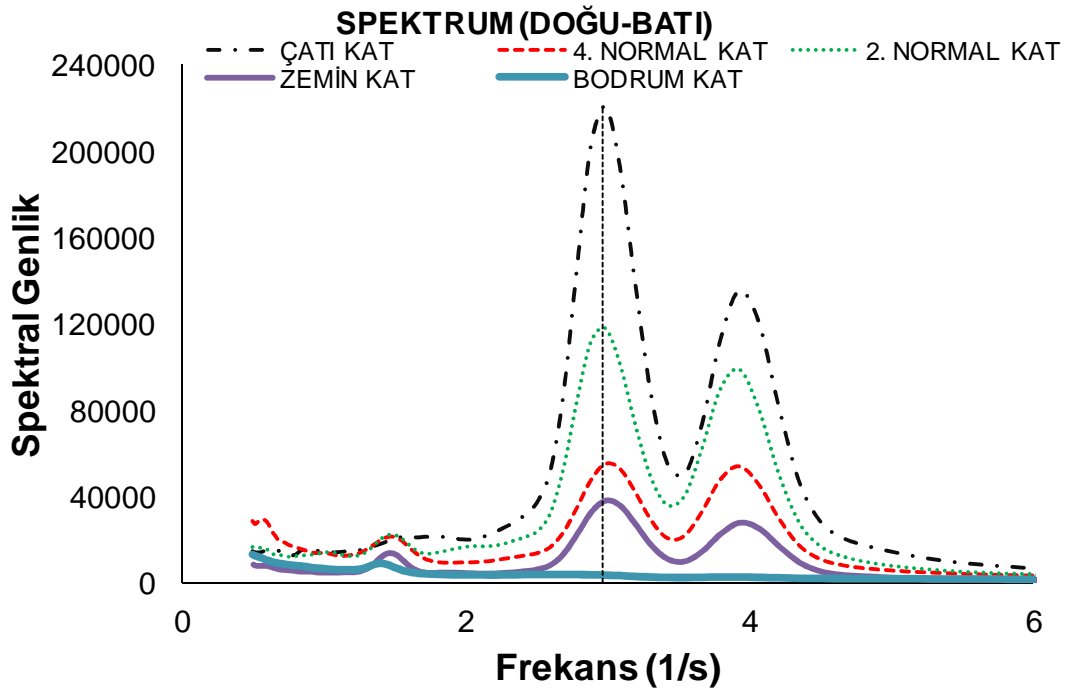
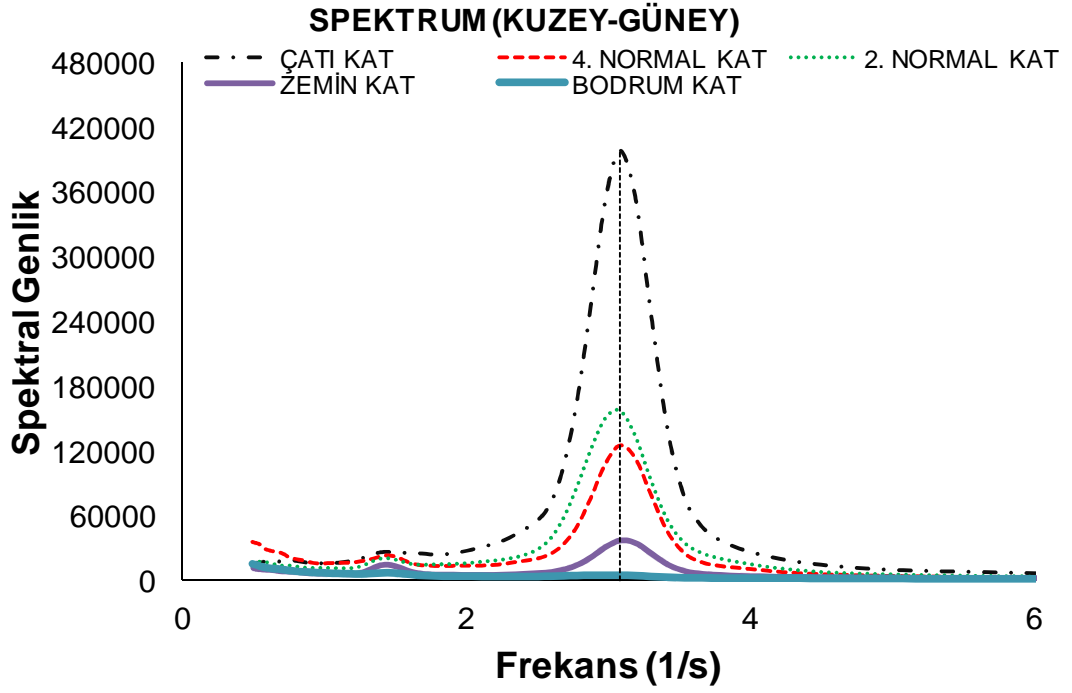
Tablo 5.2: Dolgu Duvar Sonrası Periyotlar

DOLGU DUVAR SONRASI		
BİNA NO	MİKROTREMOR	
	PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT ZAYIF YÖN
S1-02	0.147	0.167
S1-12	0.207	0.258
S1-15	0.317	0.324
S1-18	0.356	0.398
S1-19	0.358	0.435
S1-20	0.325	0.328

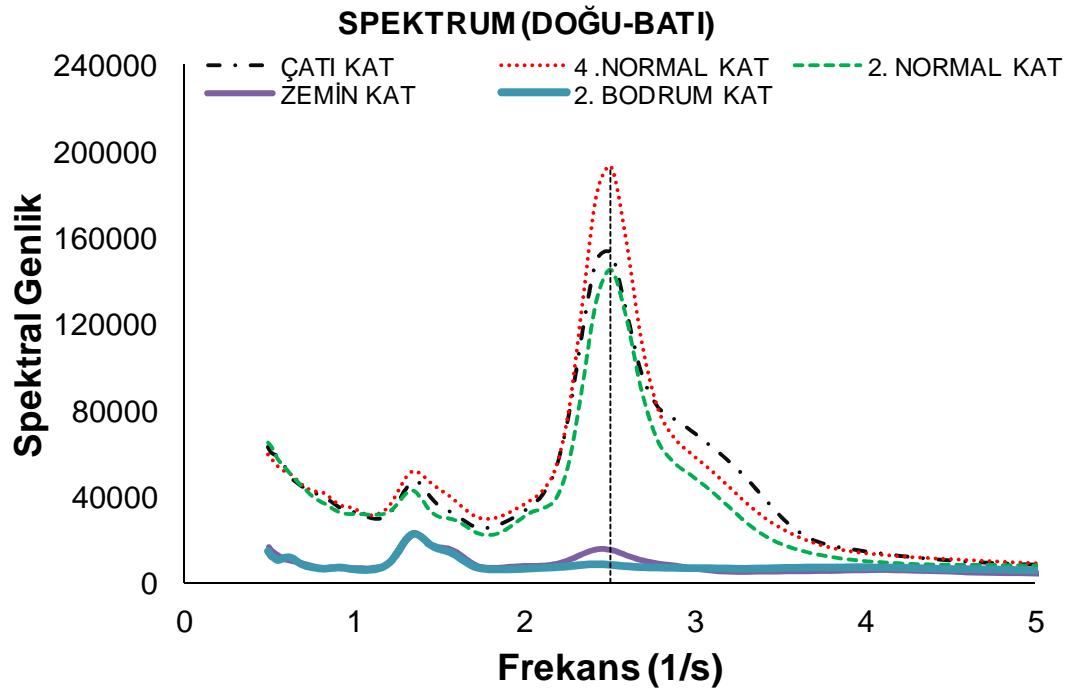
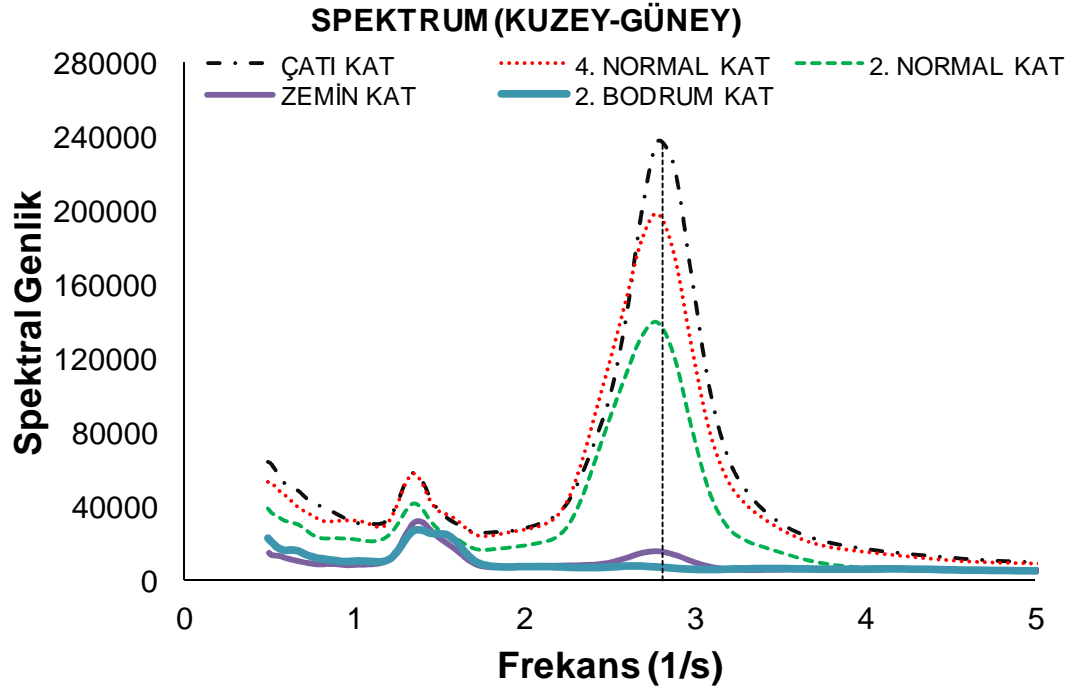




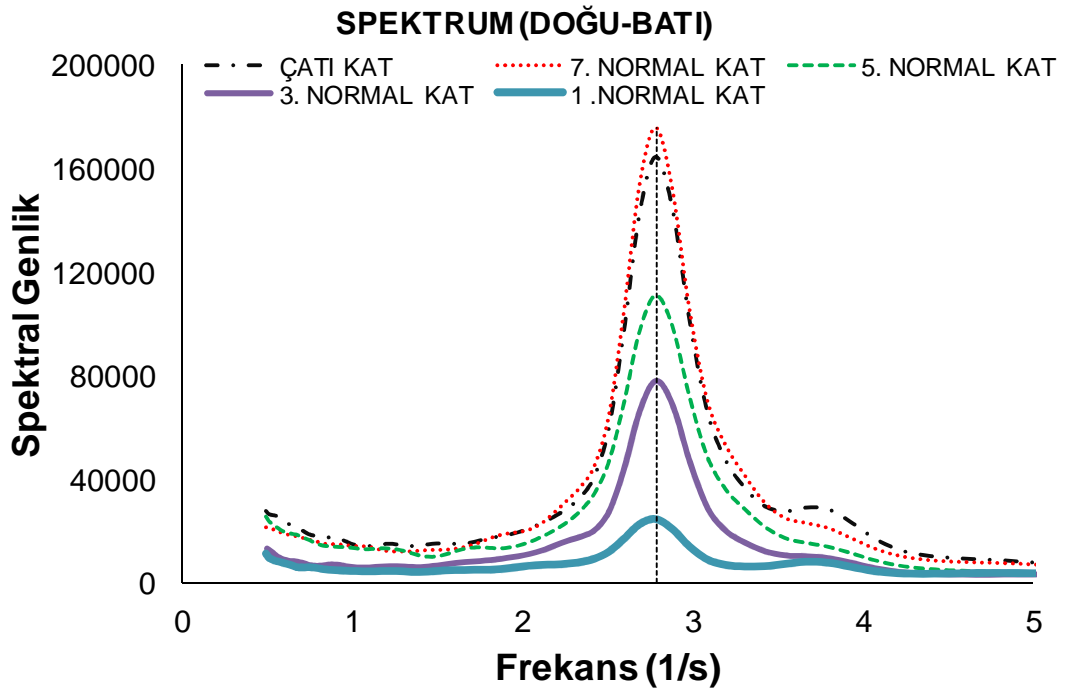
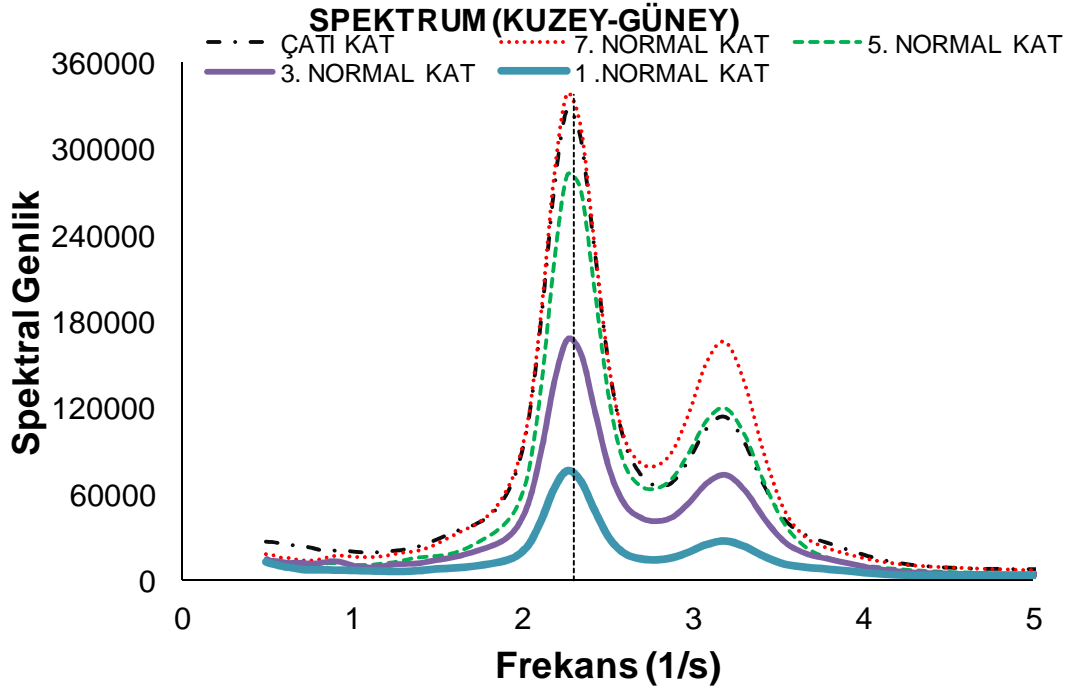
Şekil 5.8: S1-12 nolu binaya ait dolgu duvar sonrası spektrum grafikleri



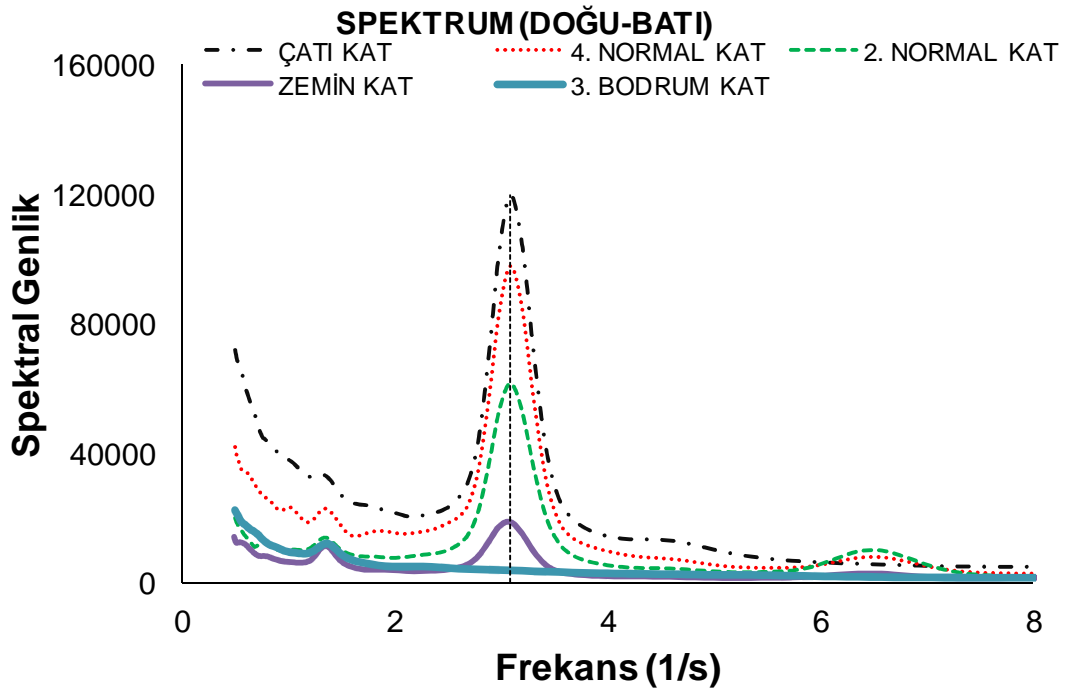
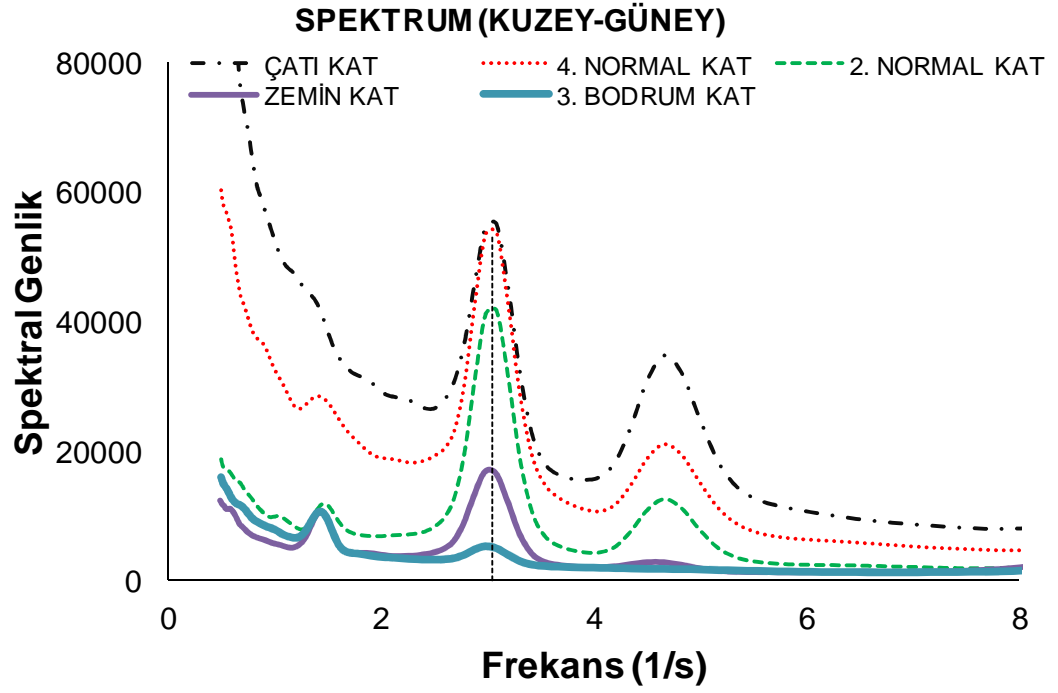
Şekil 5.9: S1-15 nolu binaya ait dolgu duvar sonrası spektrum grafikleri



Şekil 5.10: S1-18 nolu binaya ait dolgu duvar sonrası spektrum grafikleri



Şekil 5.11: S1-19 nolu binaya ait dolgu duvar sonrası spektrum grafikleri



Şekil 5.12: S1-20 nolu binaya ait dolgu duvar sonrası spektrum grafikleri

5.2 Simav ve Çevresindeki Binalarda Yapılan Çalışma Sonuçları

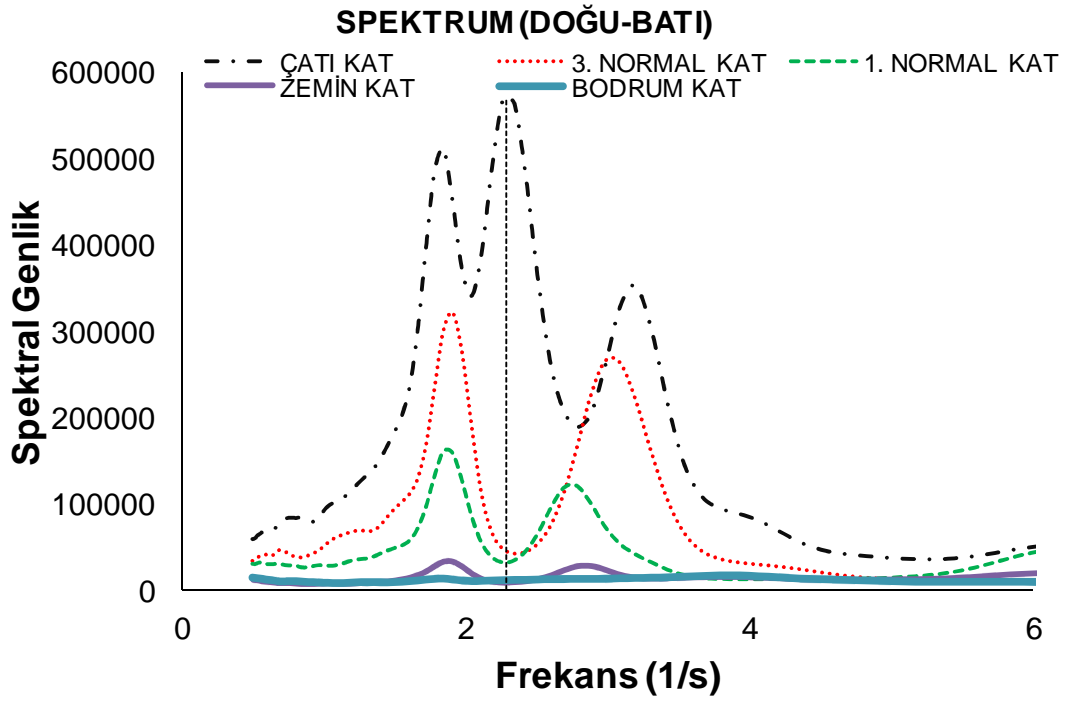
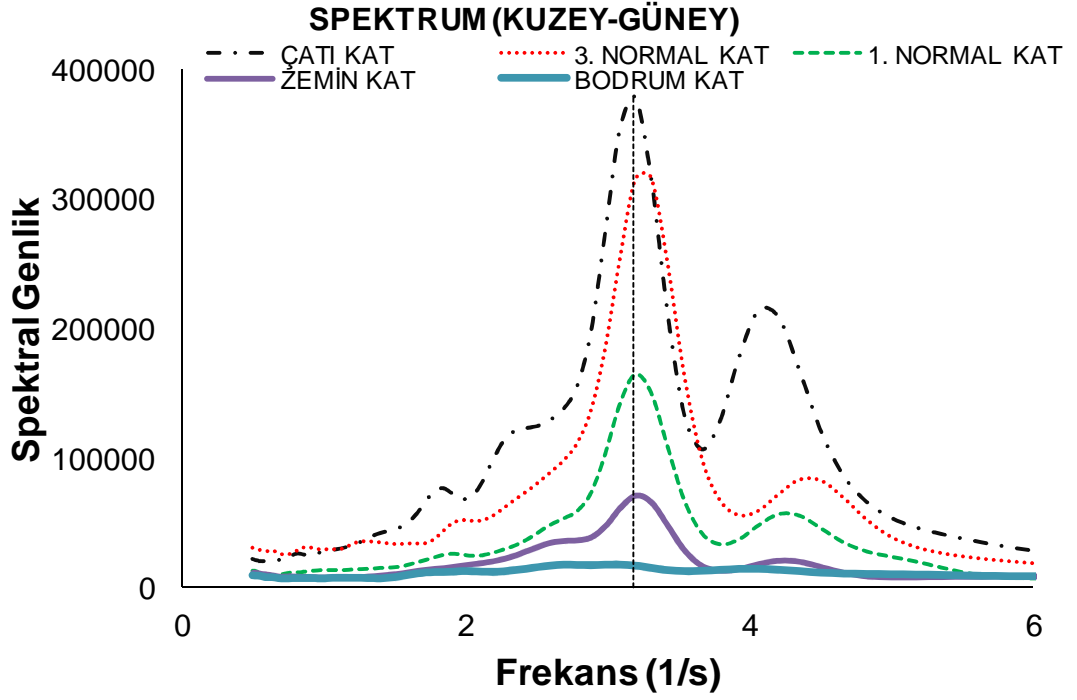
5.2.1 Hafif Hasarlı Binalarda Güçlendirme Öncesi Yapılan Ölçüm Sonuçları

19 Mayıs 2011 tarihinde Kütahya İli Simav İlçesinde meydana gelen deprem sonrası hafif hasar alan ve sistem güçlendirmesi yapılan 5 adet binadan güçlendirme öncesi ve sonrası mikrotremor kayıtları alınarak sistem güçlendirmesinin yapı periyoduna olan etkisi araştırılmıştır. Mikrotremor ölçümü yapılan binalara ait mikrotremor verileri Tablo 5.3'te verilmiştir.

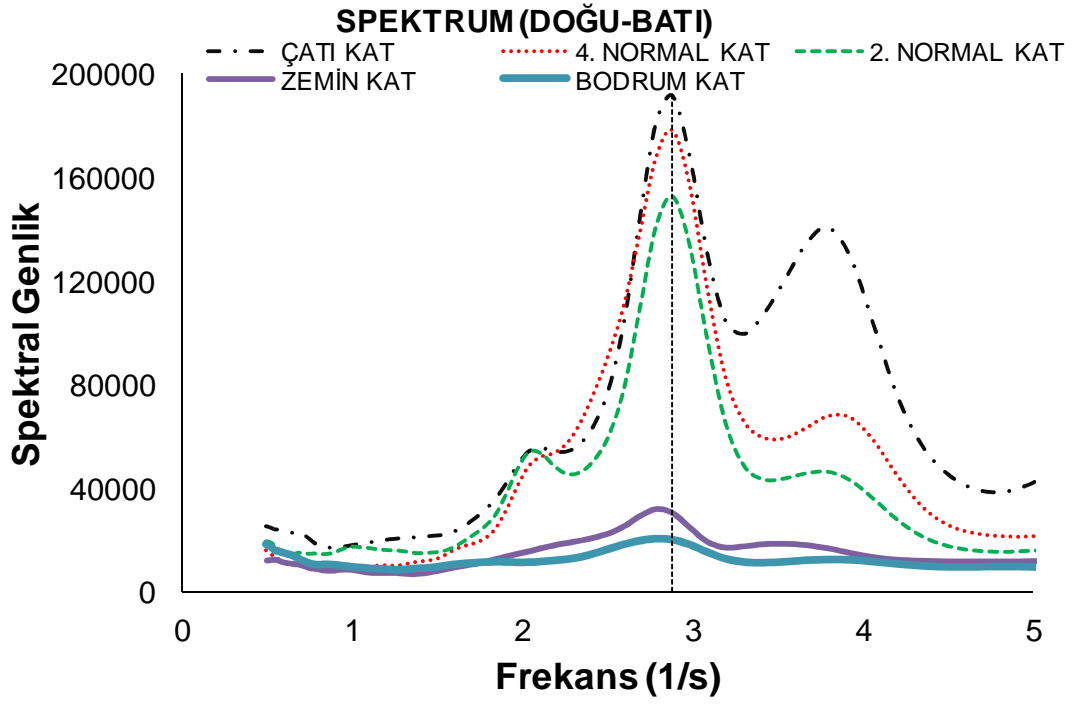
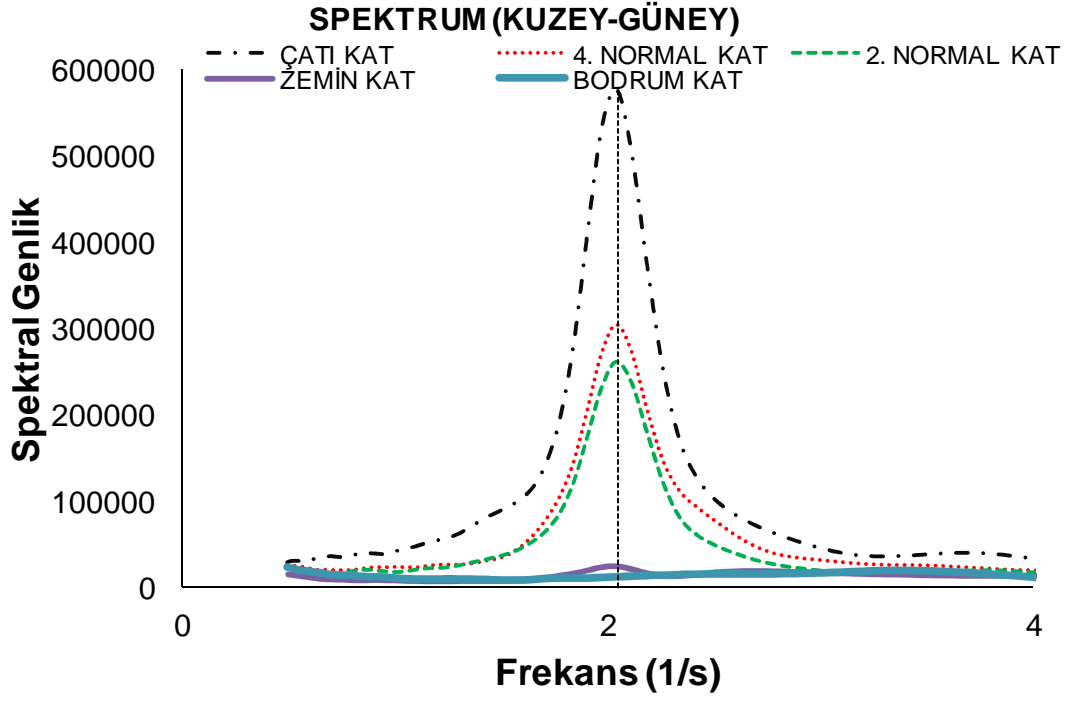
Tablo 5.3: Güçlendirme Öncesi Periyot Verileri

GÜÇLENDİRME ÖNCESİ		
BİNA NO	MİKROTREMOR	
	PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT ZAYIF YÖN
S2-01	0.236	0.432
S2-02	0.313	0.432
S2-03	0.348	0.490
S2-04	0.338	0.427
S2-05	0.371	0.411

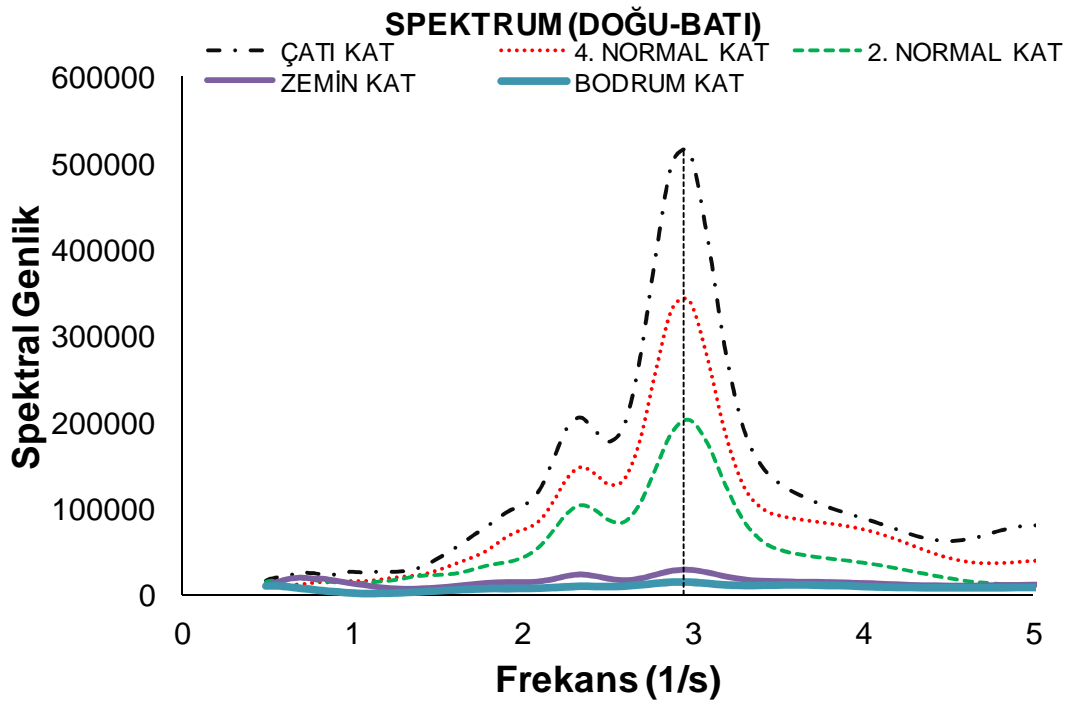
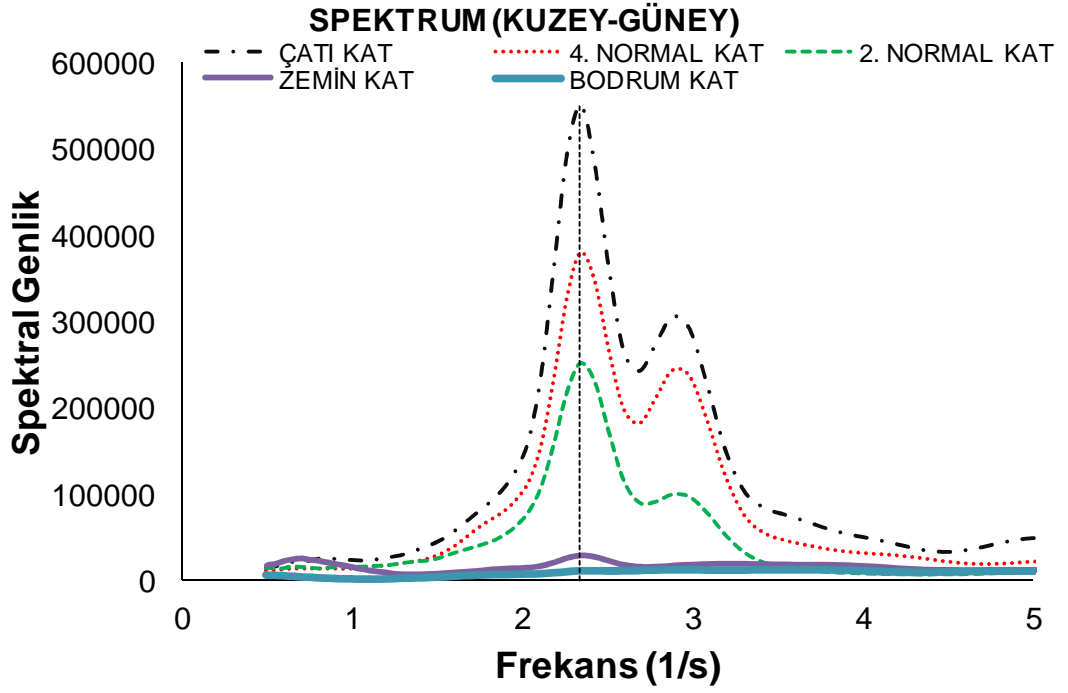
Güçlendirme öncesi binalarda yapılan ölçümler sonucu elde edilen periyotları Tablo 5.3'te görülmektedir. Binalara ait güçlendirme öncesi spektrum grafikleri Şekil 5.13-5.17 gösterilmiştir.



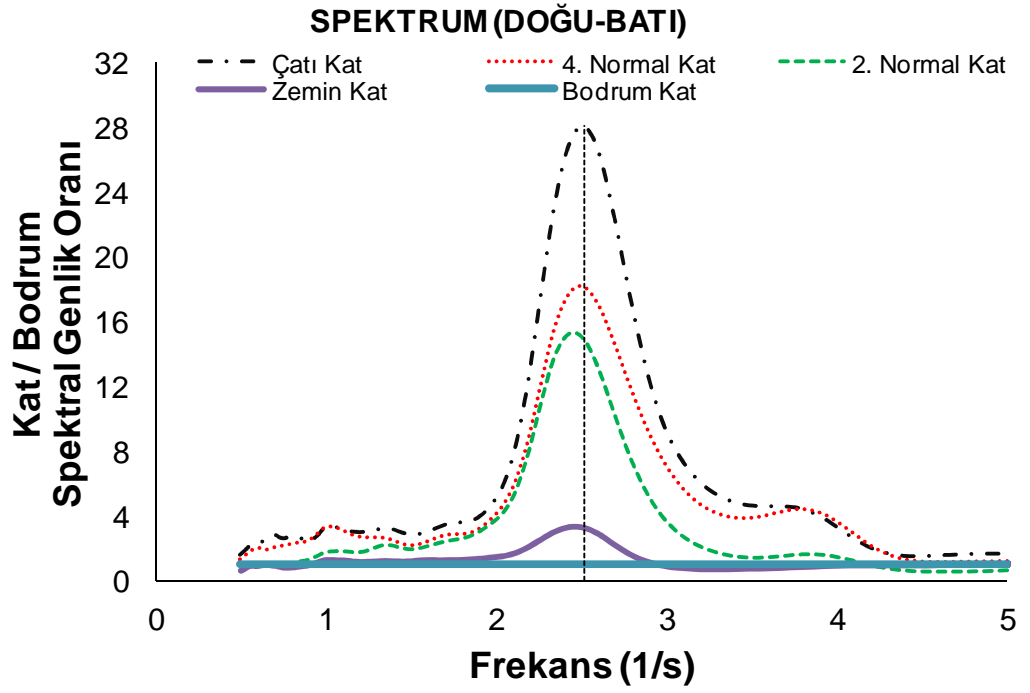
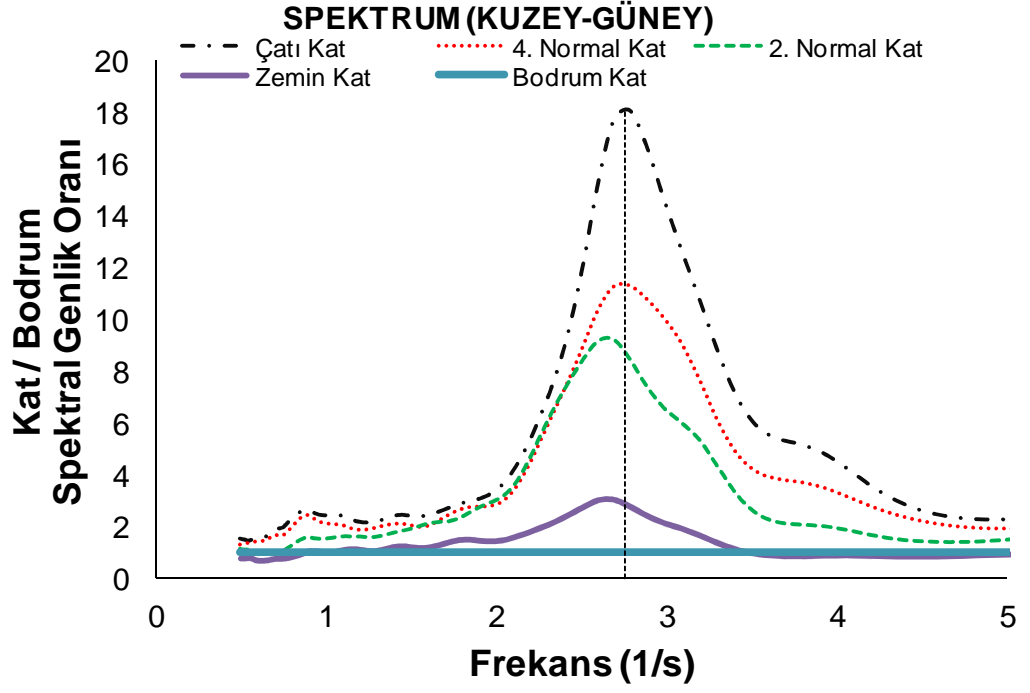
Şekil 5.13: S2-01 nolu binaya ait güçlendirme öncesi spektrum grafikleri



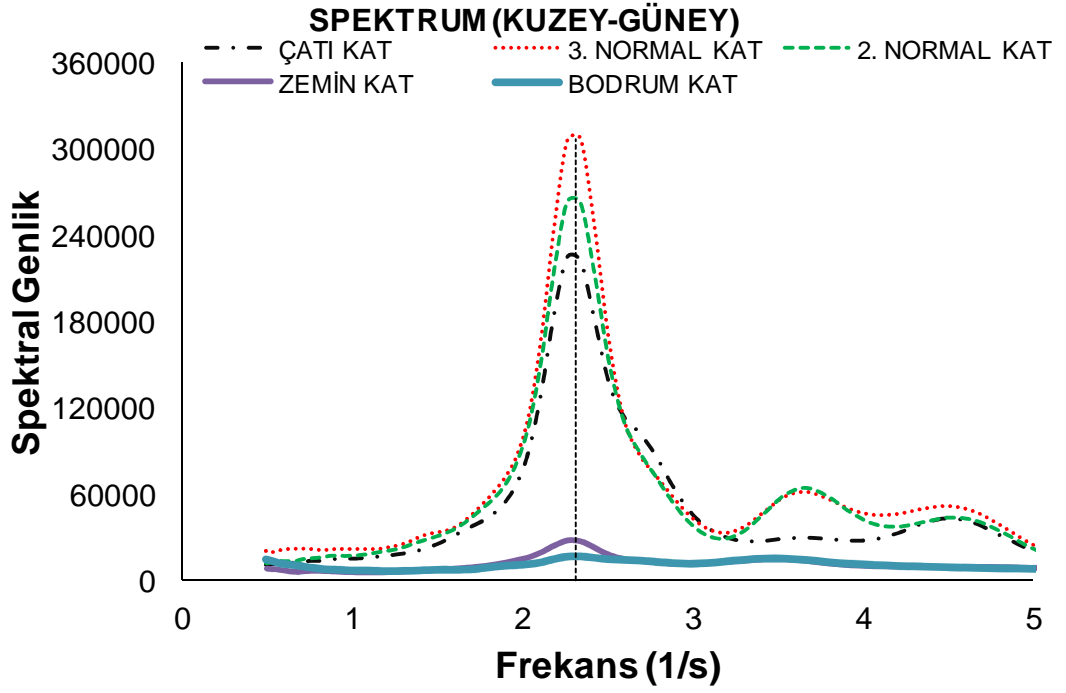
Şekil 5.14: S2-02 nolu binaya ait güçlendirme öncesi spektrum grafikleri



Şekil 5.15: S2-03 nolu binaya ait güçlendirme öncesi spektrum grafikleri



Şekil 5.16: S2-04 nolu binaya ait güçlendirme öncesi spektrum grafikleri



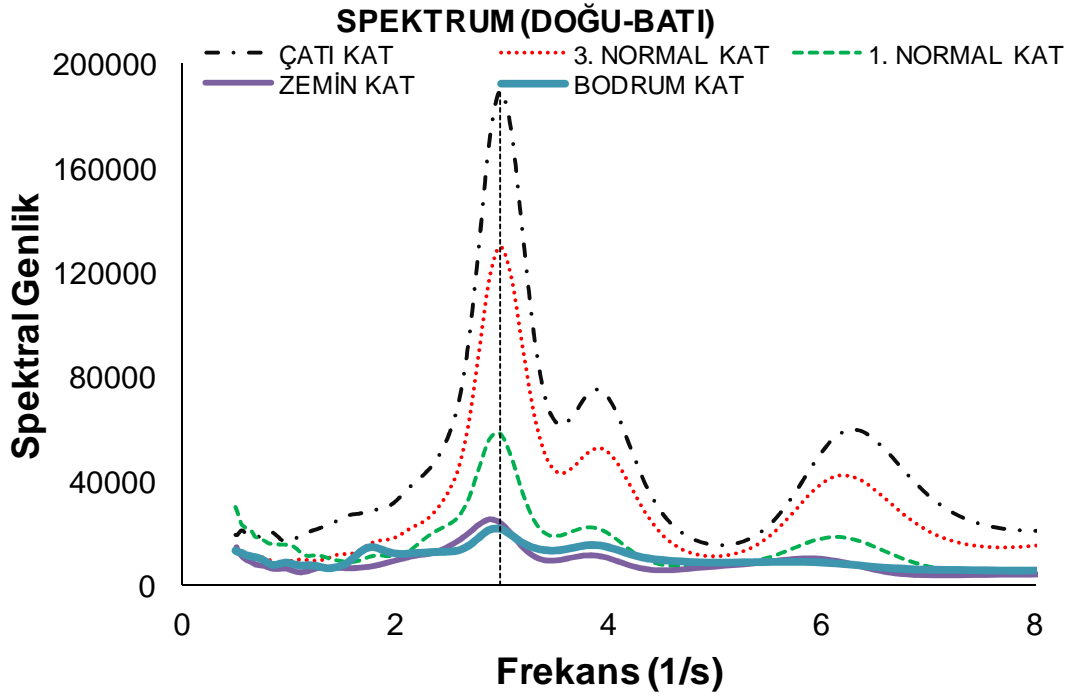
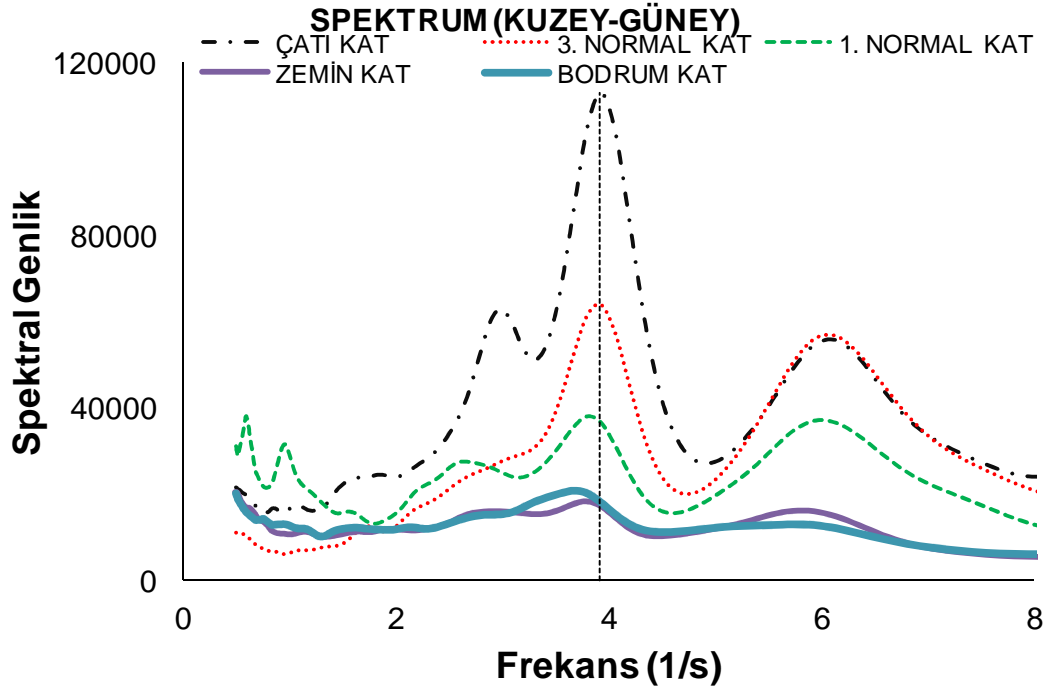
Şekil 5.17: S2-05 nolu binaya ait güçlendirme öncesi spektrum grafikleri

5.2.2 Hafif Hasarlı Binalarda Güçlendirme Sonrası Yapılan Ölçüm Sonuçları

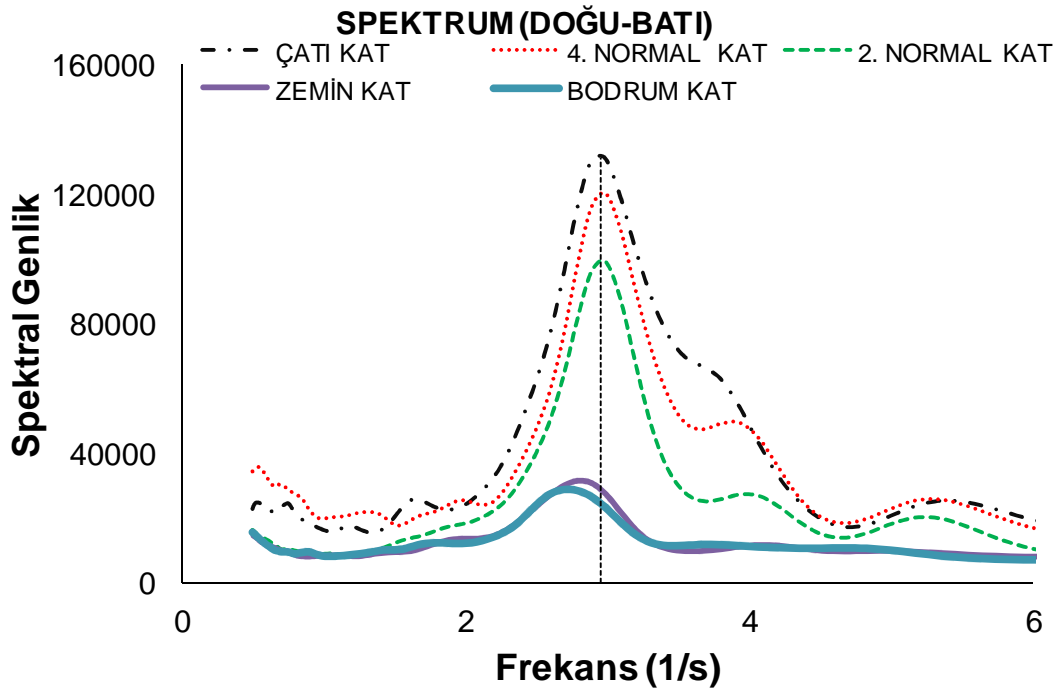
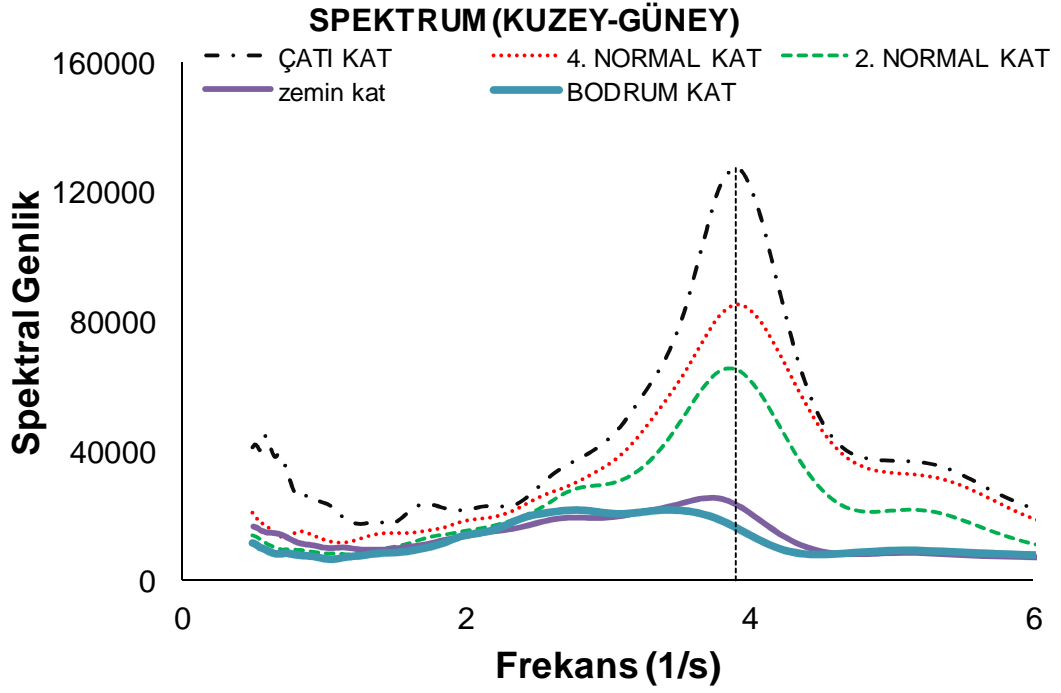
Bu bölümde 5.2.1 bölümünde bahsedilen binalardan güçlendirme sonrası ölçümler alınarak güçlendirme uygulamasının periyot üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda mikrotremor ölçümleri yapılan binalara ait mikrotremor verileri Tablo 5.4'te verilmiştir. Binalara ait güçlendirme sonrası spektrum grafikleri ise Şekil 5.18-5.22'de verilmiştir.

Tablo 5.4: Güçlendirme Sonrası Periyot Verileri

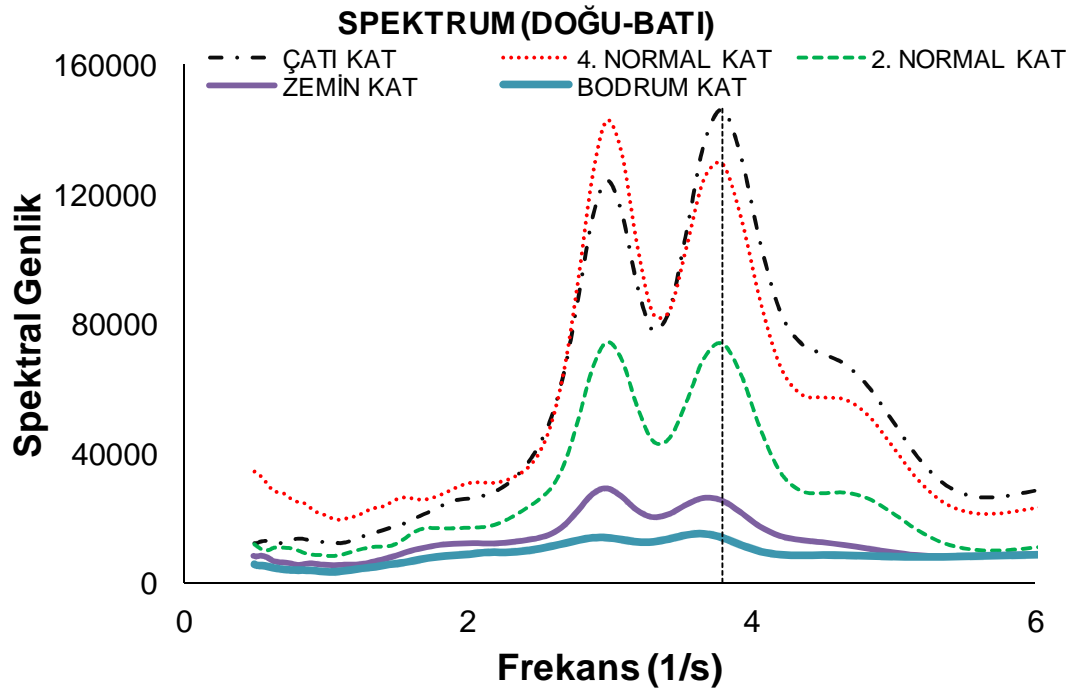
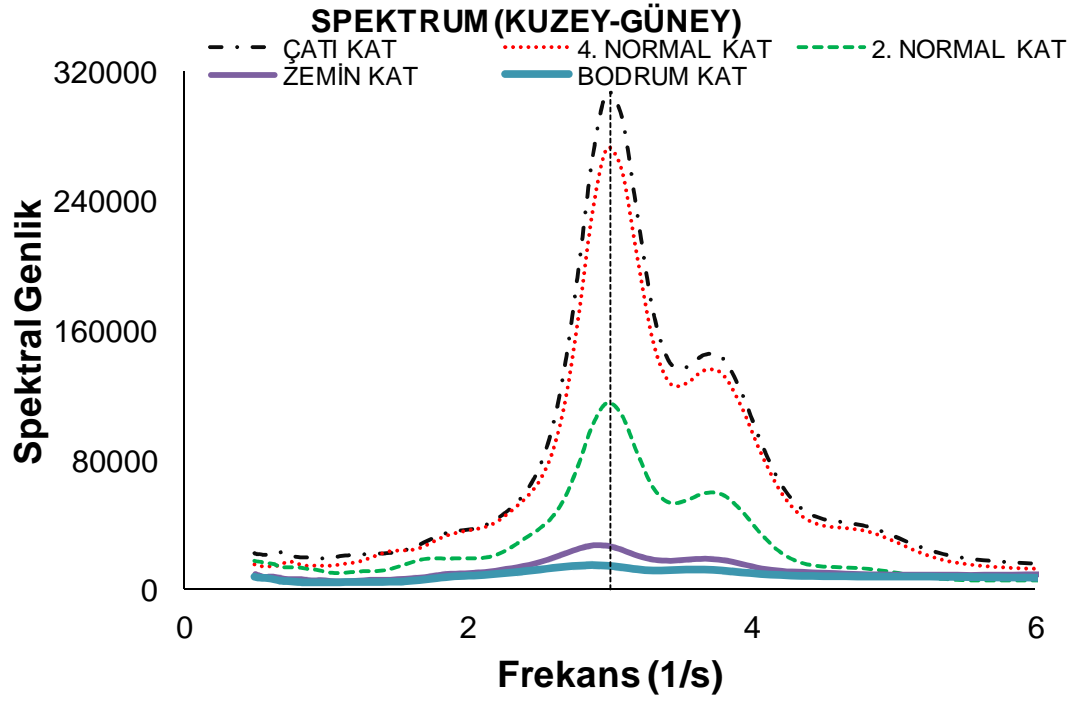
GÜÇLENDİRME SONRASI		
BİNA NO	MİKROTREMOR	
	PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT ZAYIF YÖN
S2-01	0.189	0.352
S2-02	0.253	0.335
S2-03	0.254	0.336
S2-04	0.263	0.334
S2-05	0.301	0.310



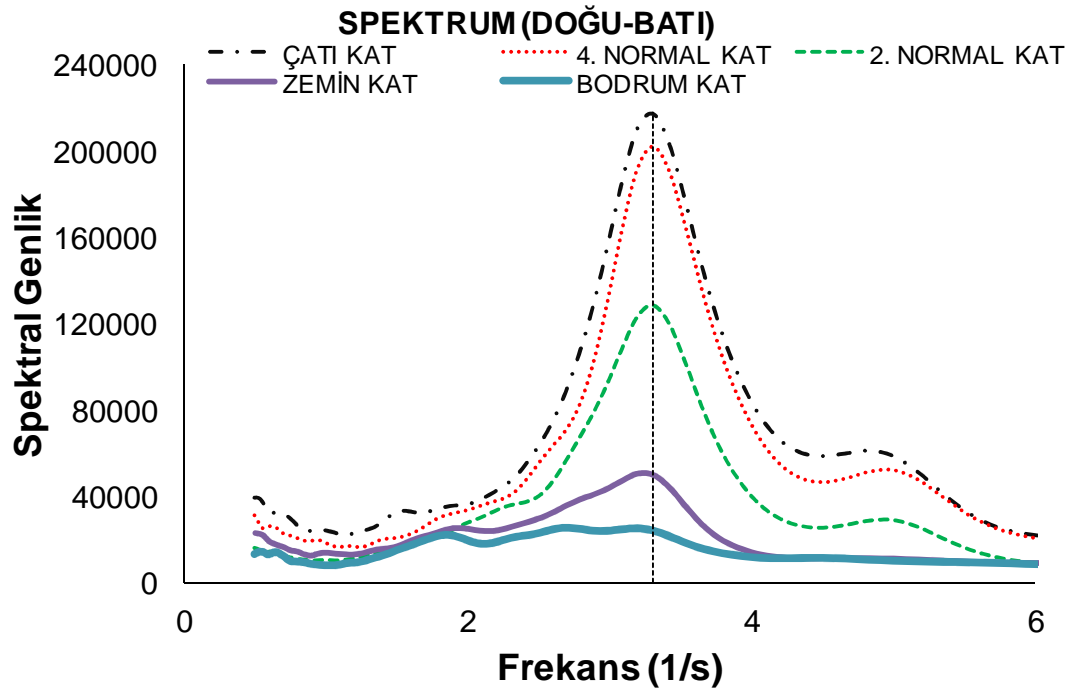
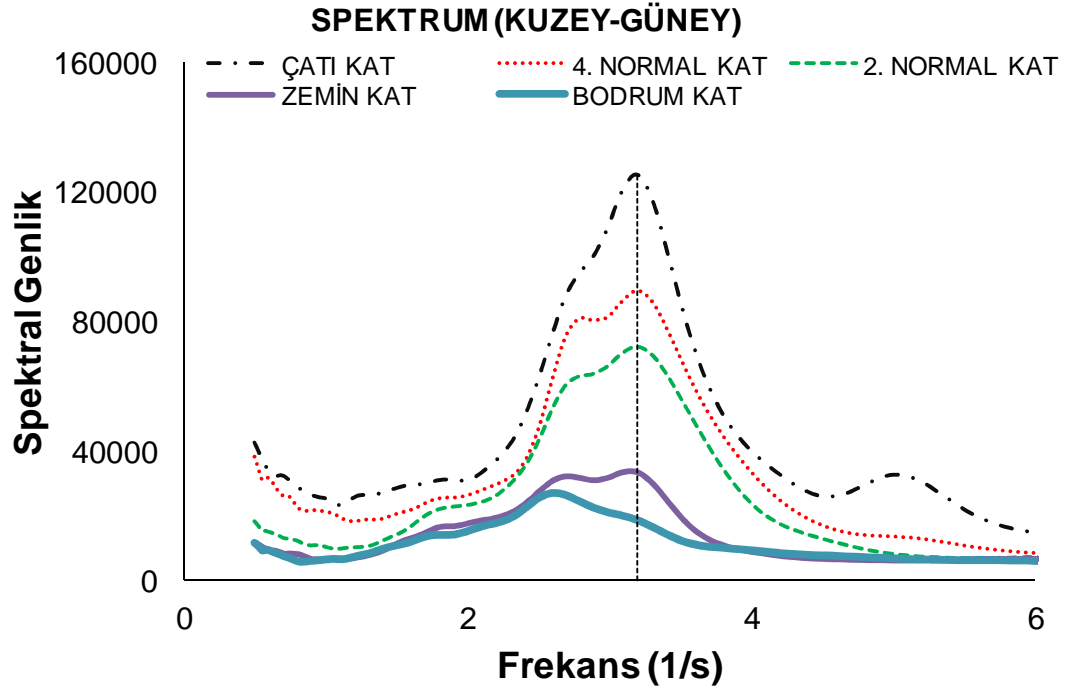
Şekil 5.18: S2-01 nolu binaya ait güçlendirme sonrası spektrum grafikleri



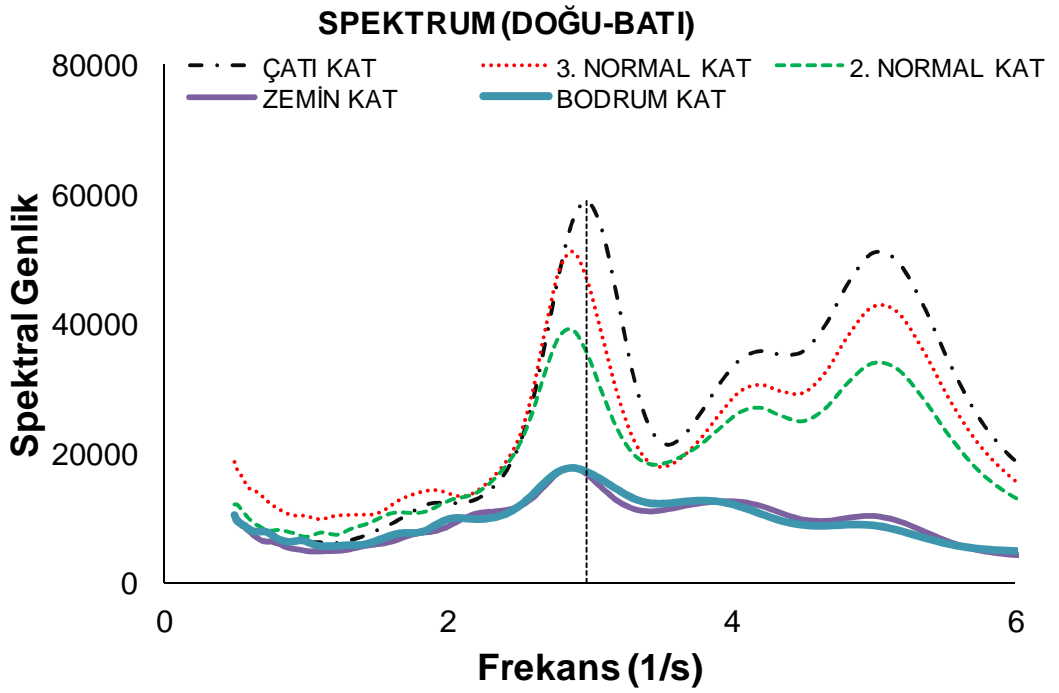
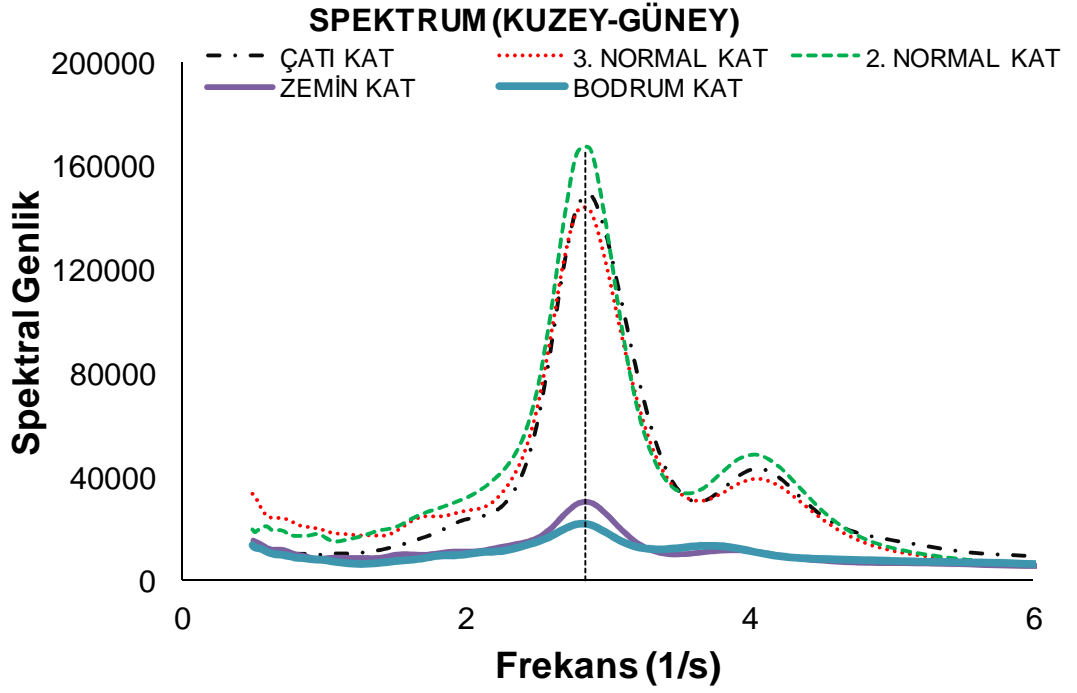
Şekil 5.19: S2-02 nolu binaya ait güçlendirme sonrası spektrum grafikleri



Şekil 5.20: S2-03 nolu binaya ait güçlendirme sonrası spektrum grafikleri



Şekil 5.21: S2-04 nolu binaya ait güçlendirme sonrası spektrum grafikleri



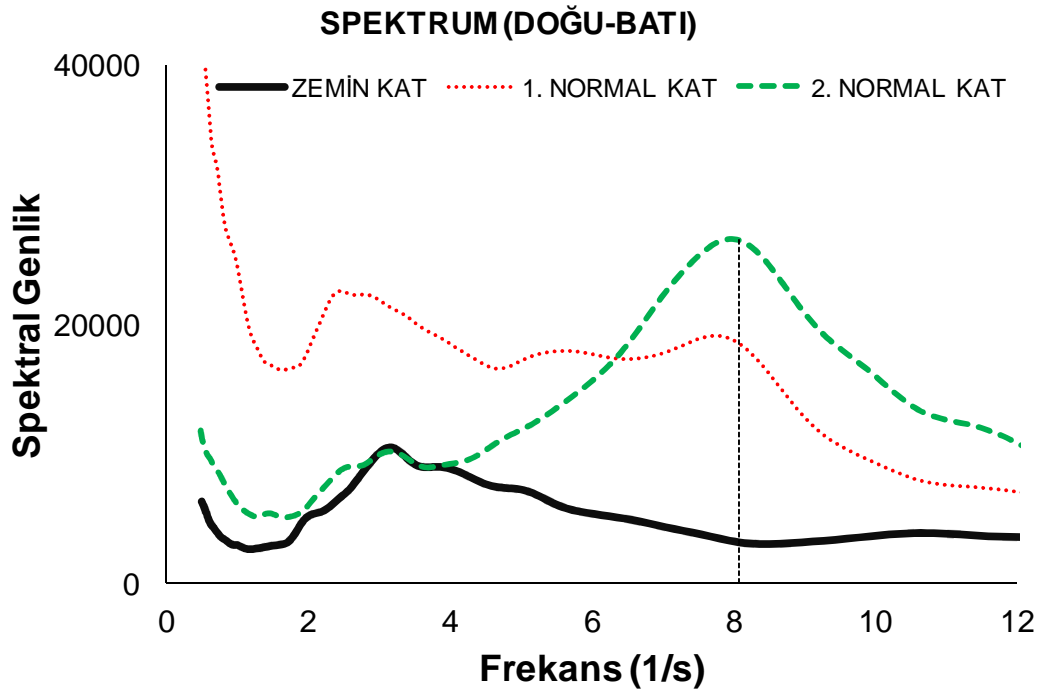
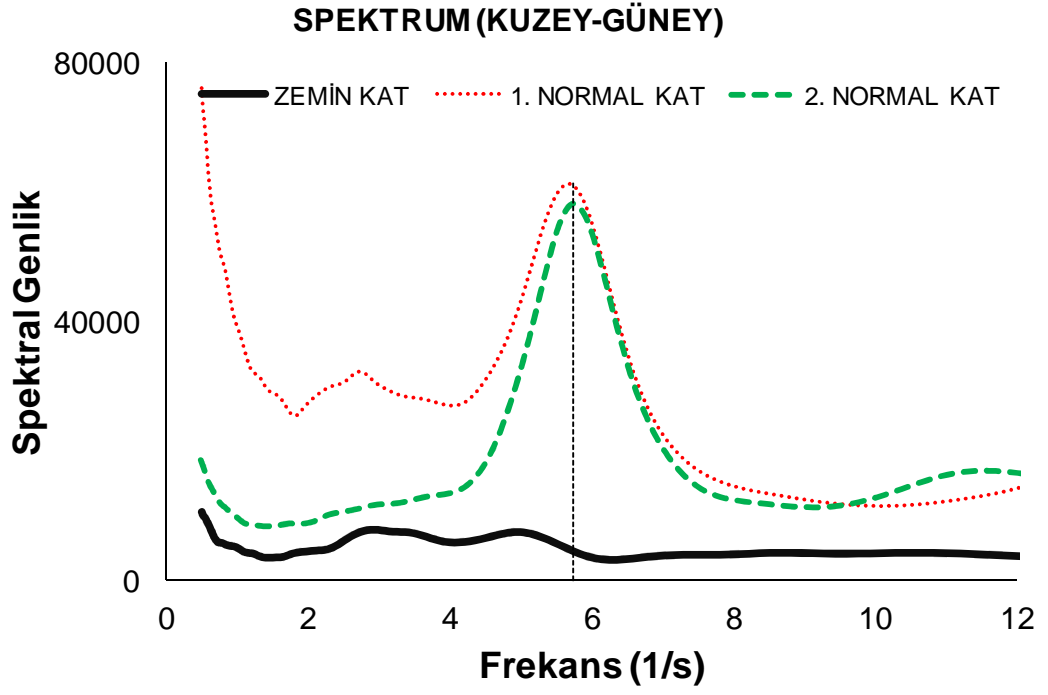
Şekil 5.22: S2-05 nolu binaya ait güçlendirme sonrası spektrum grafikleri

5.3 Hafif Hasarlı Kamu Binalarından Elde edilen Sonuçlar

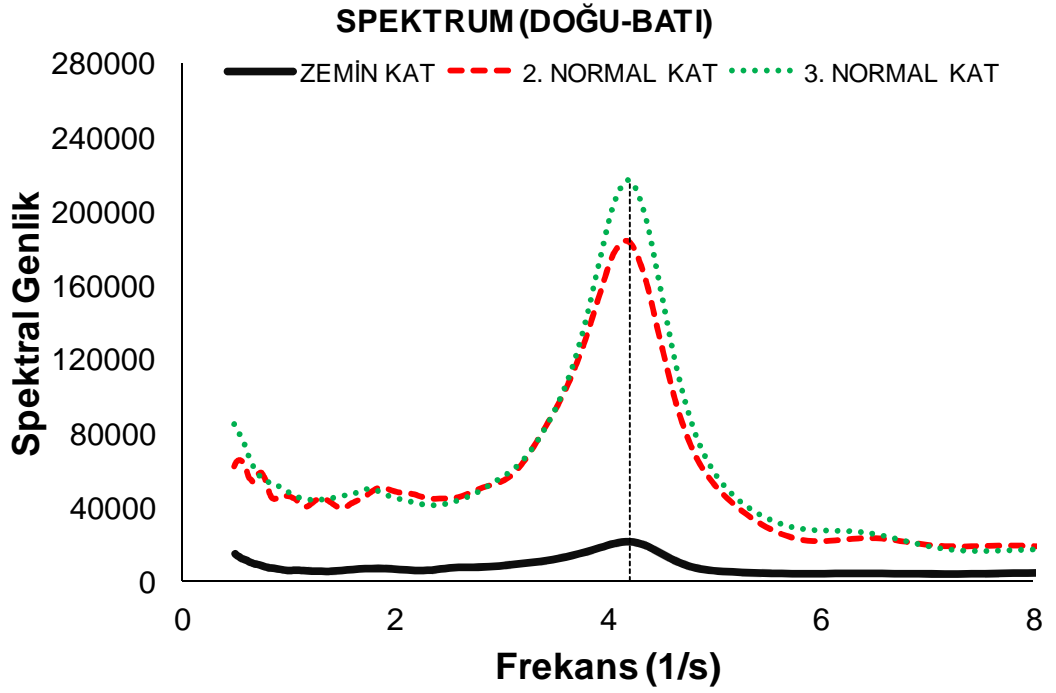
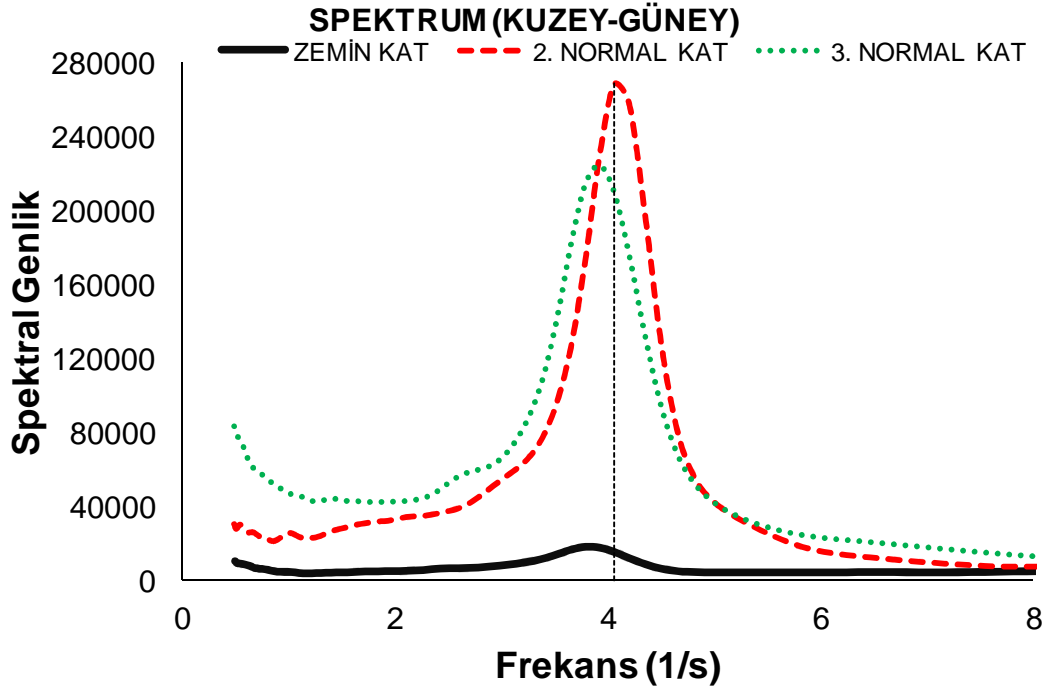
Pamukkale niversitesi ve Kütahya İl Milli Eēitim Mdrlē ile birlikte yürütülen ‘‘Okul Yapılarının Sismik Performansının Belirlenmesi’’ (Pamukkale niversitesi, 2011) alışmalarında incelenen okul yapılarından mikrotremor kayıtları alınarak yapı dinamik özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında 5 adet kamu binasında mikrotremor ölçümleri yapılmıştır. Kamu binalarına ait mikrotremor ölçümleri sonucu elde edilen periyotlar Tablo 5.5’te görülmektedir. Ayrıca bu binalara ait spektrum grafikleri Şekil 5.23-5.26’da verilmiştir.

Tablo 5.5: Kamu Binalarına ait Periyot Deēerleri

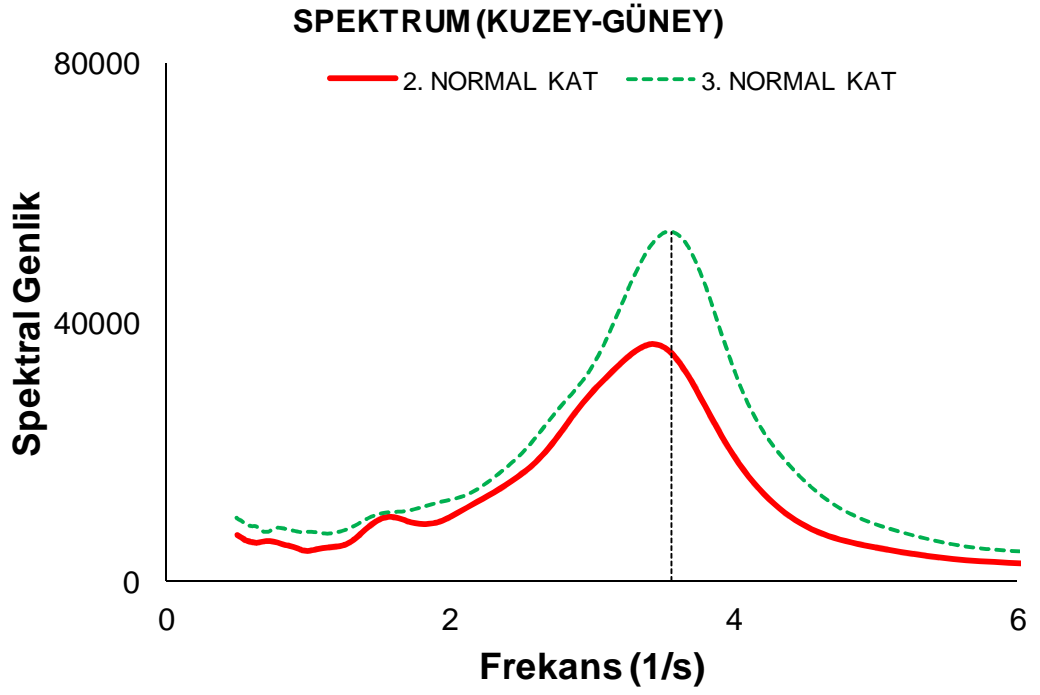
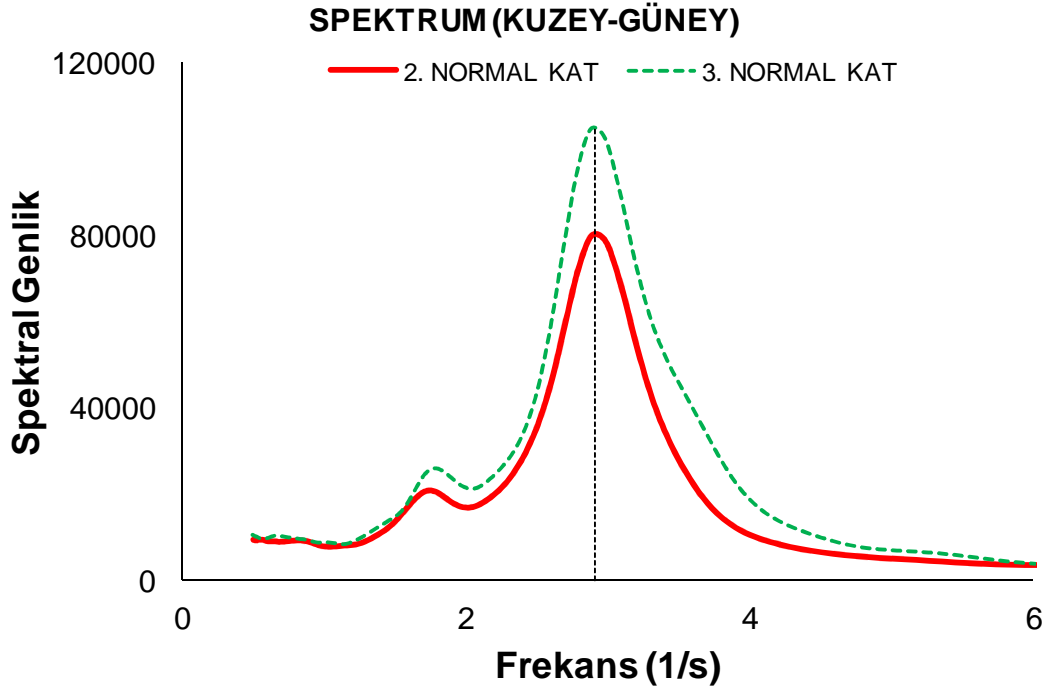
KAMU BİNALARI		
BİNA NO	MİKROTREMOR	
	PERİYOT GCL YN	PERİYOT ZAYIF YN
S3-01	0.128	0.174
S3-02	0.163	0.171
S3-03	0.240	0.243
S3-04	0.250	0.256
S3-05	0.228	0.264



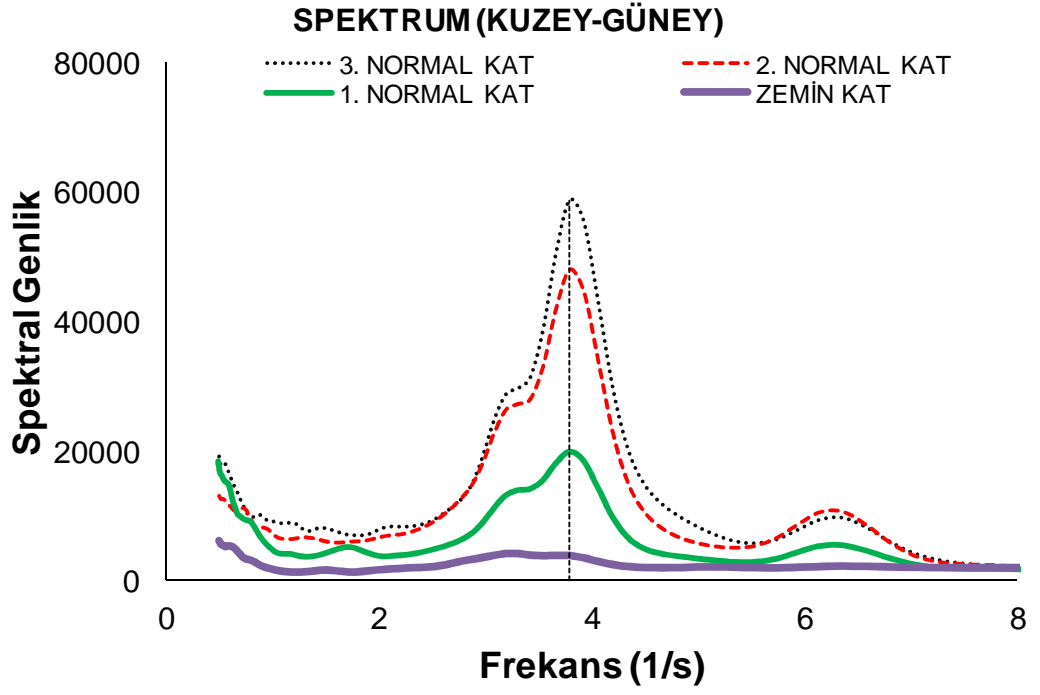
Şekil 5.23: S3-01 Nolu Binaya ait Spektrumlar



Şekil 5.24: S3-03 Nolu Binaya ait Spektrumlar



Şekil 5.25: S3-04 Nolu Binaya ait Spektrumlar



Şekil 5.26: S3-05 Nolu Binaya ait Spektrumlar

6. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1 Dolgu Duvar Etkisinin Bina Davranışı Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi

Türkiye’de betonarme çerçeveli yapılarda bölümleri ayırmak için dolgu duvar uygulaması çok yaygın bir yöntemdir. Dolgu duvarlar analizler sırasında taşıyıcı eleman olarak kabul edilmeseler de, son yıllarda yapılan araştırmalar dolgu duvarların yapıların dayanım ve rijitliğine olan olumlu katkılarını ortaya çıkarmıştır (Baran 2012).

Dolgu duvarlar genellikle malzeme özellikleri üzerinde durulmadan ısı ve ses yalıtımı gibi özelliklerine bakılarak tasarım esnasında yapıya ağırlık dışında katkısı olmadığı düşünülür. Aslında dolgu duvarların, yapının, rijitlik, taşıma gücü, periyot ve sönüm gibi dinamik özelliklerine katkısı vardır. Bu katkıların tasarım esnasında dikkate alınmamasının nedenleri arasında duvar malzeme dayanımlarının değişkenlik göstermesi ve inşa sırasında işçilik denetiminin zor olması gösterilebilir.

FEMA-178 yapılarıdaki bütün duvarlar deprem yükleri karşısında “perde duvar” olarak tanımlar ve bütün perde duvarlar gibi taşıma güçlerine ulaşılan kadar yatay yük taşıdıklarını, hatta yatay yük taşımayacağı varsayılan duvarlar da “perde duvar” olarak kabul eder. Betonarme çerçeveli yapılarda kolonlar arasındaki tuğla dolgu duvarların sınırlı da olsa yatay yük taşıma gücü vardır. Bu sınırın altındaki yük düzeylerinde tuğla dolgu duvar önemli rijitliği olan “perde duvar”dır (FEMA-178).

Dolgu duvarlar betonarme çerçeve sistemlerin dinamik özelliklerine (rijitliğine ve hâkim titreşim periyoduna) katkı sağlamaktadır. Ayrıca dolgu duvarlar bina dinamik özelliklerinin yanında yapı kütesini arttırmaktadır.

Dolgu duvarlar çatlamadan önce rijit elemanlardır. Yapının hakim titreşim periyodunu küçültürler. Ancak etkiyen kuvvetler büyüdükçe çatlayıp hasar gördükçe rijitliğe olan katkıları azalır. Bu durum dolgu duvar öncesi ve sonrası alınan ölçümlerde açıkça gözlenmiştir.

Betonarme çerçeve binalarda dolgu duvar öncesi ve sonrası mikrotremor aygıtıyla ölçümler yapılmış ve ortam titreşim periyotlarındaki büyük değişimler olduğu gözlenmiştir. Periyot değişimleri çok düşük yatay yük veya çok düşük genlikli titreşimlerde gözlenmiştir. Bu yapıların bitmiş durumdaki yani dolgu duvar bitmiş hali ile çıplak çerçeve durumdaki halinin titreşim periyotları arasında %50 ile %70 arasında bir fark olduğu gözlenmiştir (Bayülke 1989). Buradan yola çıkarak dolgu duvarların betonarme çerçeve sistemlerin rijitliğini önemli ölçüde artırdığı söylenebilmektedir. Dolgu duvarlar bina ağırlığını da artırdığı için rijitlik üzerindeki etkileri periyoda direk olarak yansımamaktadır.

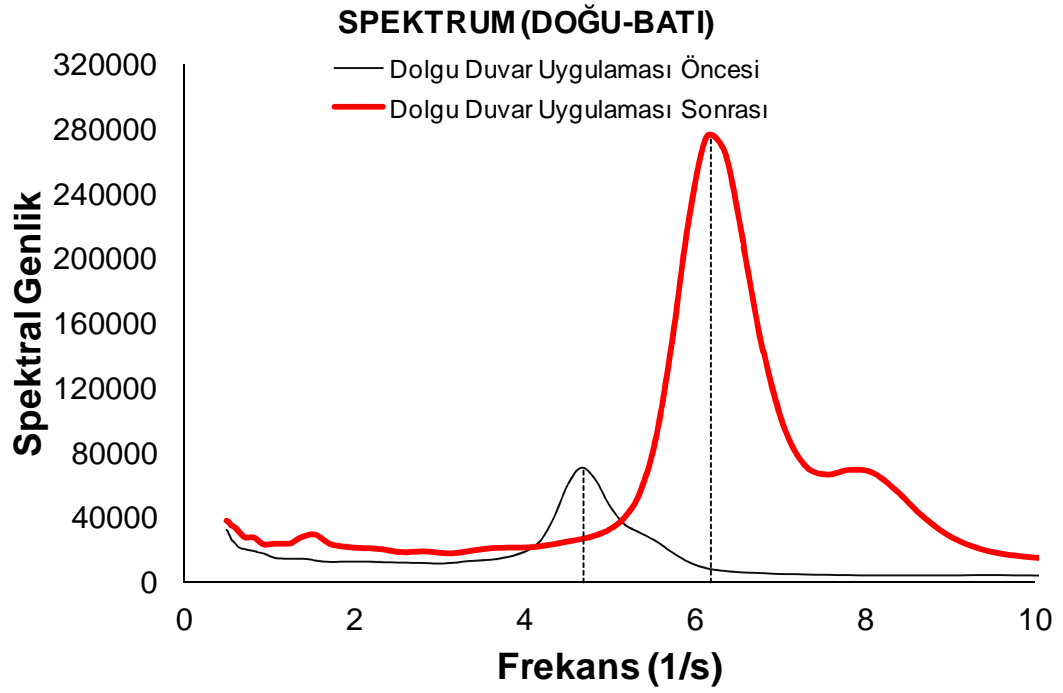
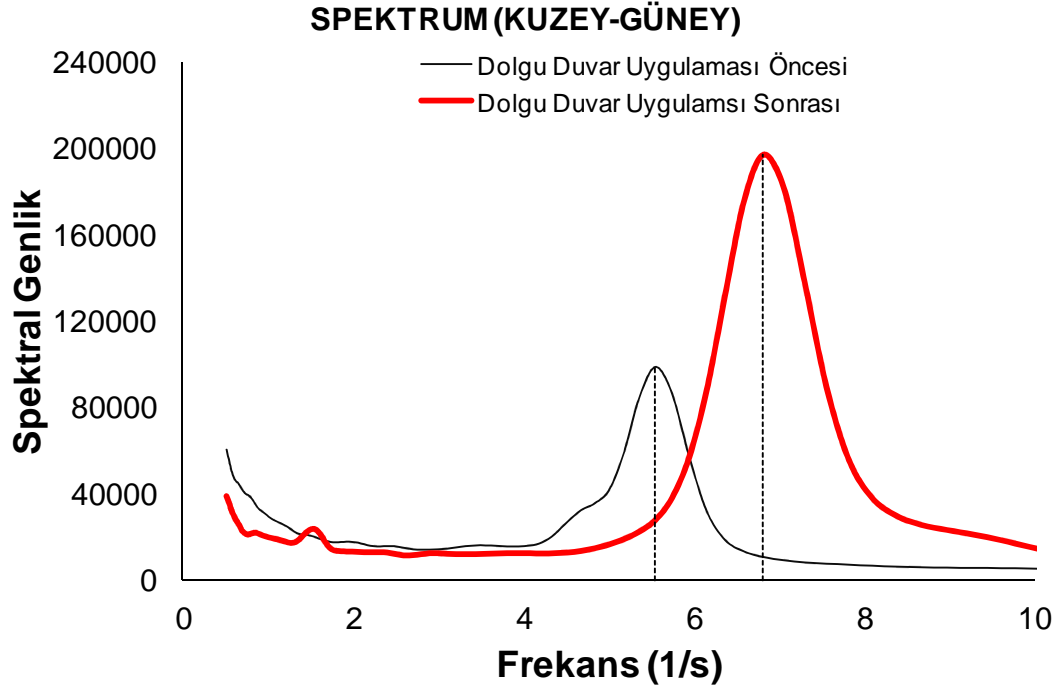
Ölçüm yapılan 6 binanın bazılarında zemin kat işyeri olarak kullanılması nedeniyle karşılaştırma sağlıklı olmayacağı için 3 bina seçilmiştir.

Bu binalara ait dolgu duvar uygulaması öncesi ve sonrası spektrum grafiklerinin karşılaştırılmış hali Şekil 6.1, 6.2 ve 6.3'te verilmiştir.

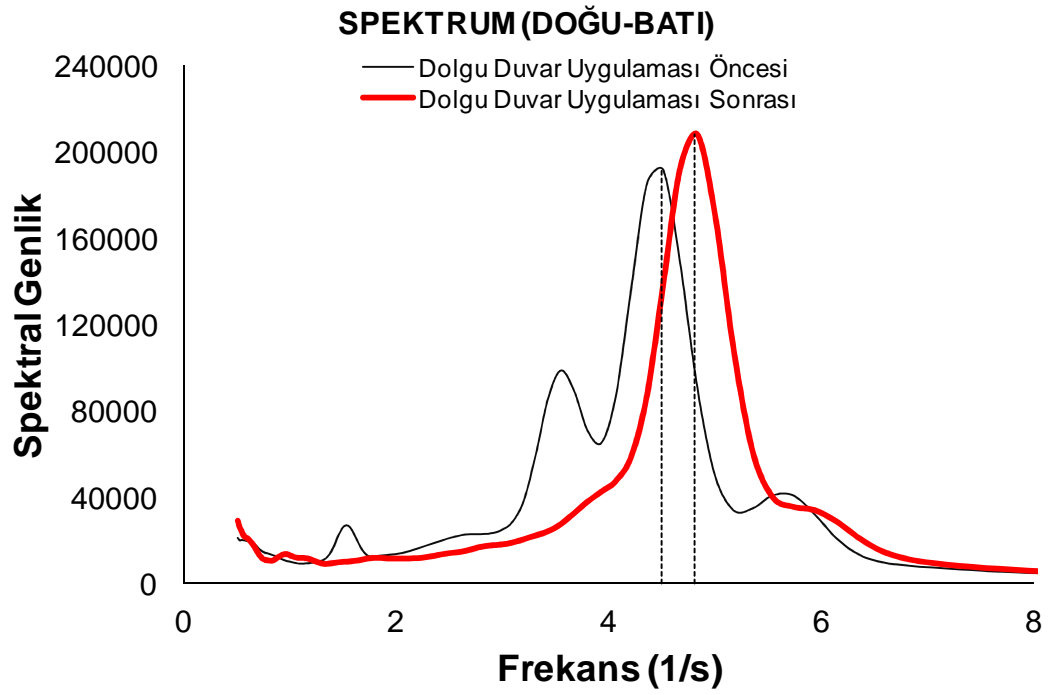
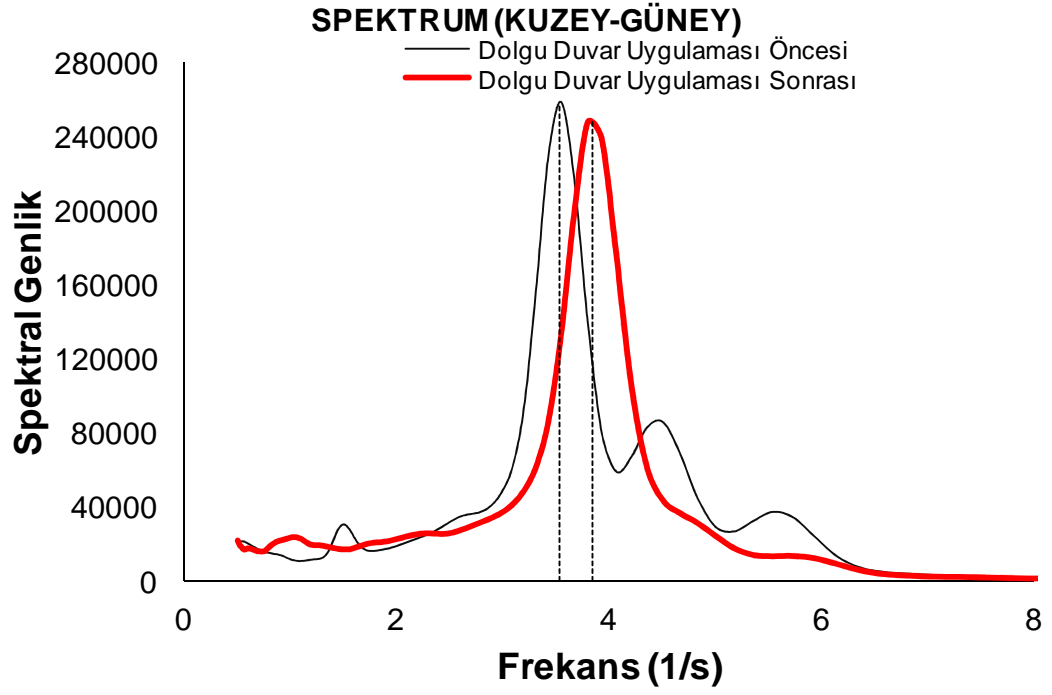
Ayrıca bu binalara ait pencere ve kapı boşlukları çıkartılarak toplam dolgu duvar alanı oranları hesaplanmış ve Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1: Toplam Dolgu Duvar Alanı Oranları

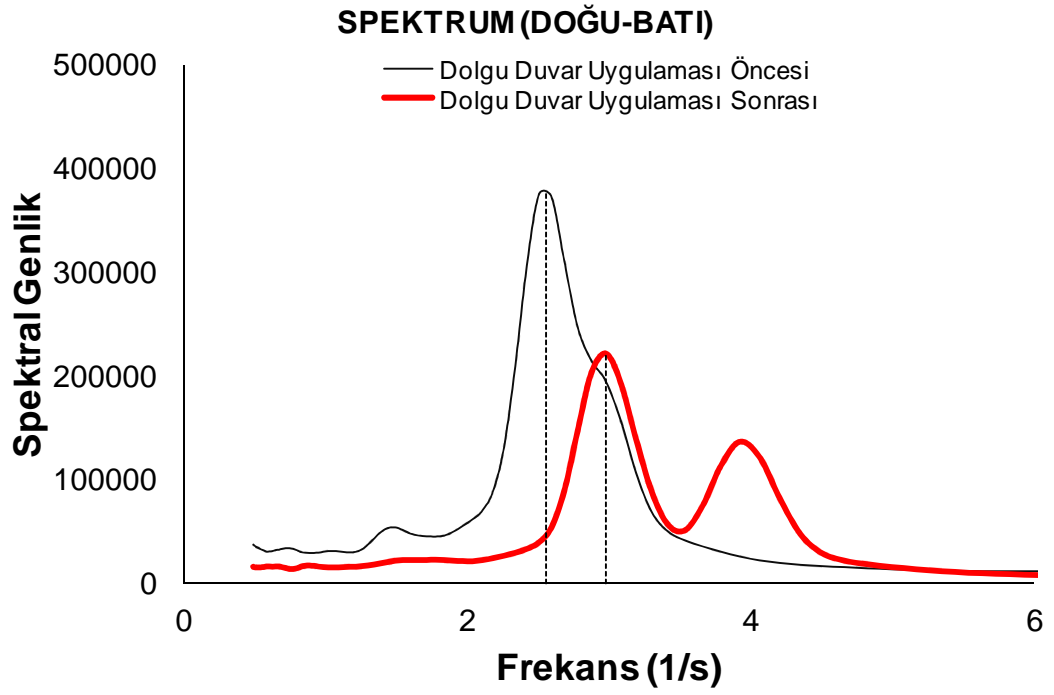
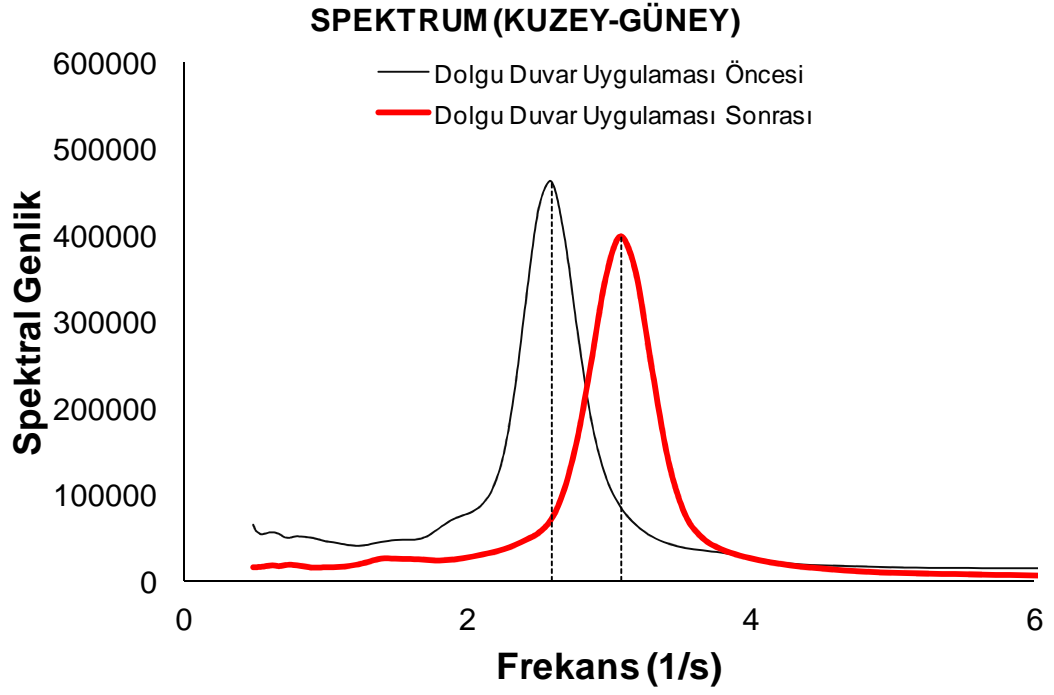
BİNA NUMARASI	DOĞU-BATI (%)	KUZEY-GÜNEY (%)
S1-02	3.54	2.96
S1-12	2.42	2.84
S1-15	1.71	0.32



Şekil 6.1: S1-02 nolu binaya ait spektrum karşılaştırması

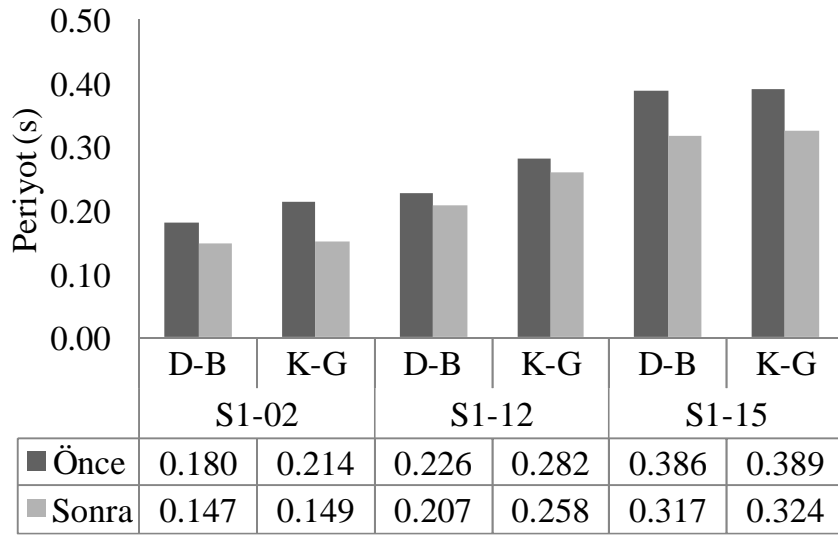


Şekil 6.2: S1-12 nolu binaya ait spektrum karşılaştırması

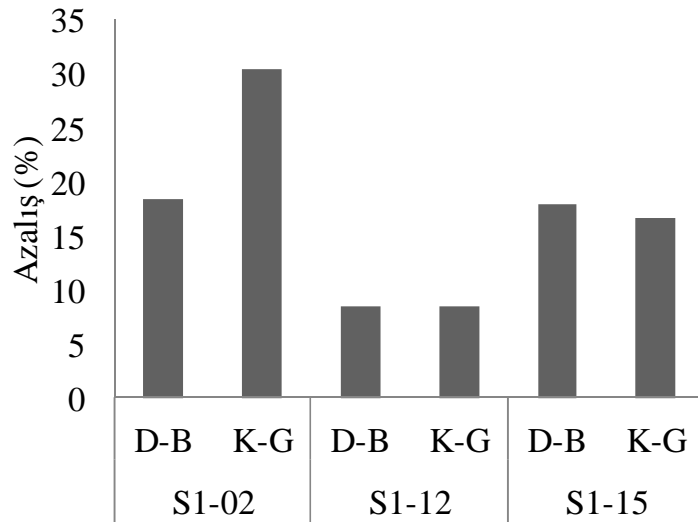


Şekil 6.3: S1-15 nolu binaya ait spektrum karşılaştırması

Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönleri için ölçülen baskın periyotlar ve duvarlı-duvarsız farklılıkları yüzde cinsinden Şekil 6.4 ve 6.5'te verilmiştir.



Şekil 6.4: Dolgu Duvar Öncesi ve Sonrası Ölçülen Bina Hâkim Periyotları



Şekil 6.5: Dolgu Duvar Uygulaması Yapılan Binalarda Ölçülen Hâkim Periyot Azalması

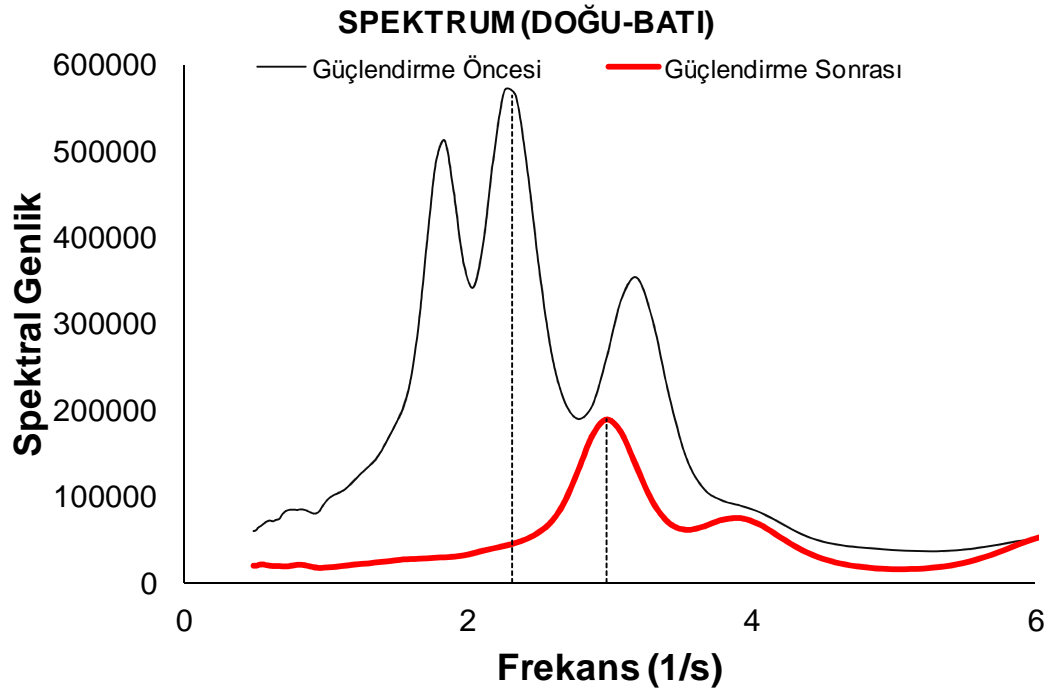
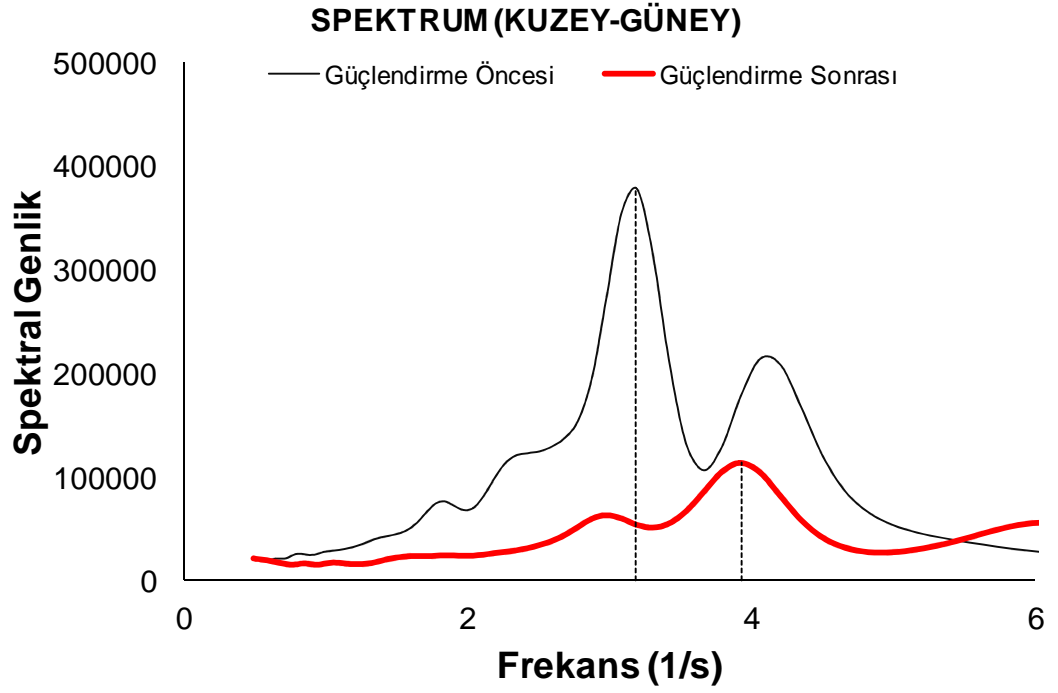
Sonuçlar dolgu duvar uygulaması sonrası baskın periyotlarda %8 ile %30 arasında azalma (Şekil 6.4) olduğunu göstermektedir. Ölçüm yapılan binalarda, dolgu duvar uygulamasının her katta farklılık göstermesinden dolayı dolgu duvar

etkisi hakkında çıkarımlar yapılırken zorluk çekilmiştir. Örneğin S1-15 numaralı binanın ilk katı atölye veya dükkân olarak tasarlanmış olmasına rağmen diğer katlar konut olarak tasarlanmış olduğundan zemin katta her iki doğrultu için dolgu duvar eksikliği gözlenmiştir. Bu nedenle dolgu duvar etkisinin sistem rijitliğine olan katkısının tam olarak yansıtılmadığı düşünülmektedir. Diğer önemli bir konu ise dolgu duvar ve kapı boşluğu etkinliğinin dolgu duvar rijitliğine olan katkısıdır. Bu durum mevcut yapıların davranışının varsayım yapılan teorilere göre daha fazla karmaşık olduğunu göstermektedir.

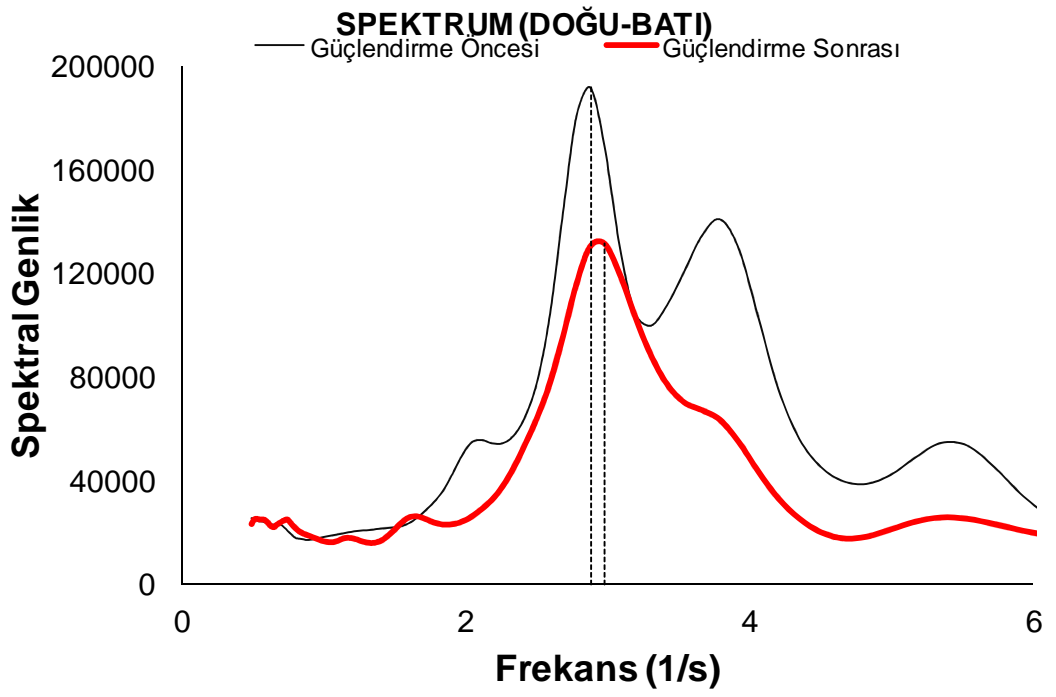
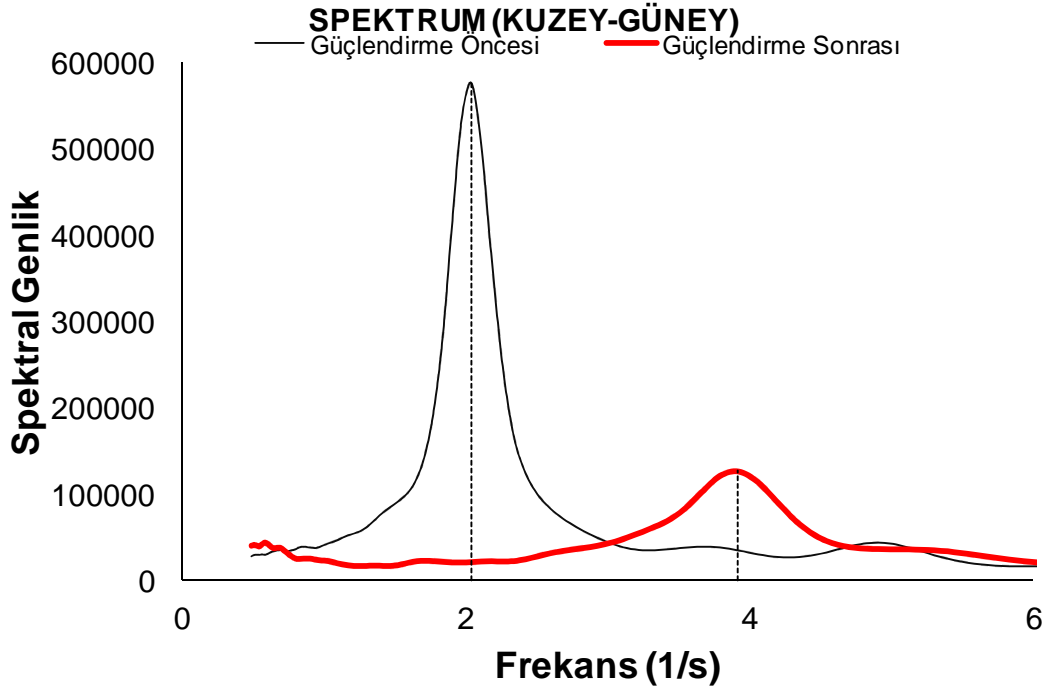
6.2 Güçlendirme Uygulamasının Bina Davranışı Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi

Bu bölüm kapsamında Kütahya ili Simav bölgesinde 19 Mayıs 2011 tarihinde meydana gelen depremden sonra hafif hasar alan 5 farklı binadan güçlendirme uygulaması öncesi ve güçlendirme uygulaması sonrasında ölçümler alınarak değerler karşılaştırılmış ve güçlendirme uygulamasının bina davranışı üzerindeki etkileri irdelenmiştir.

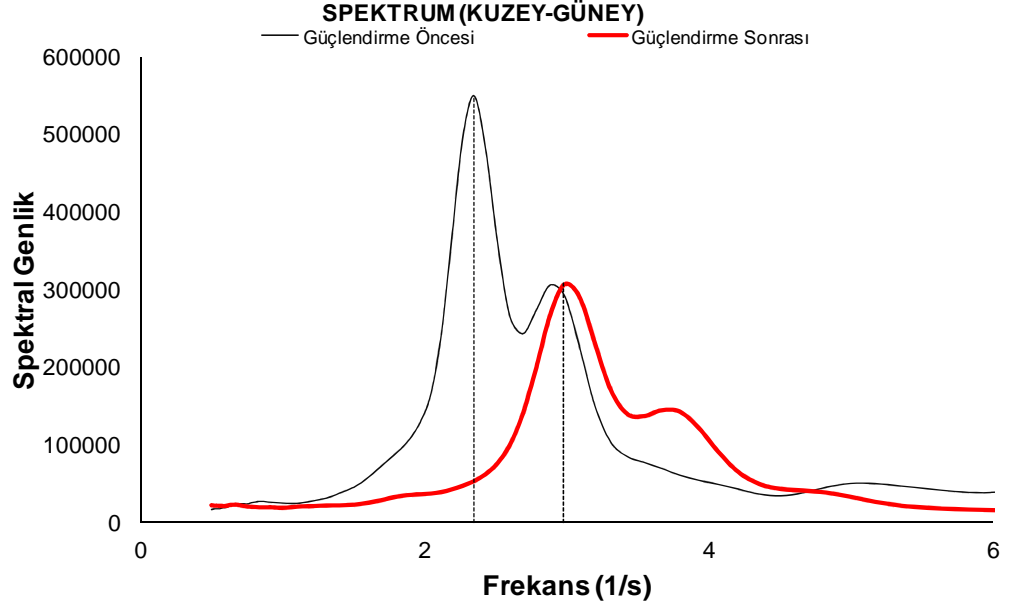
Ayrıca binalara ait güçlendirme öncesi ve sonrası spektrum karşılaştırılması yapılan grafikler Şekil 6.6-6.10'da verilmiştir.



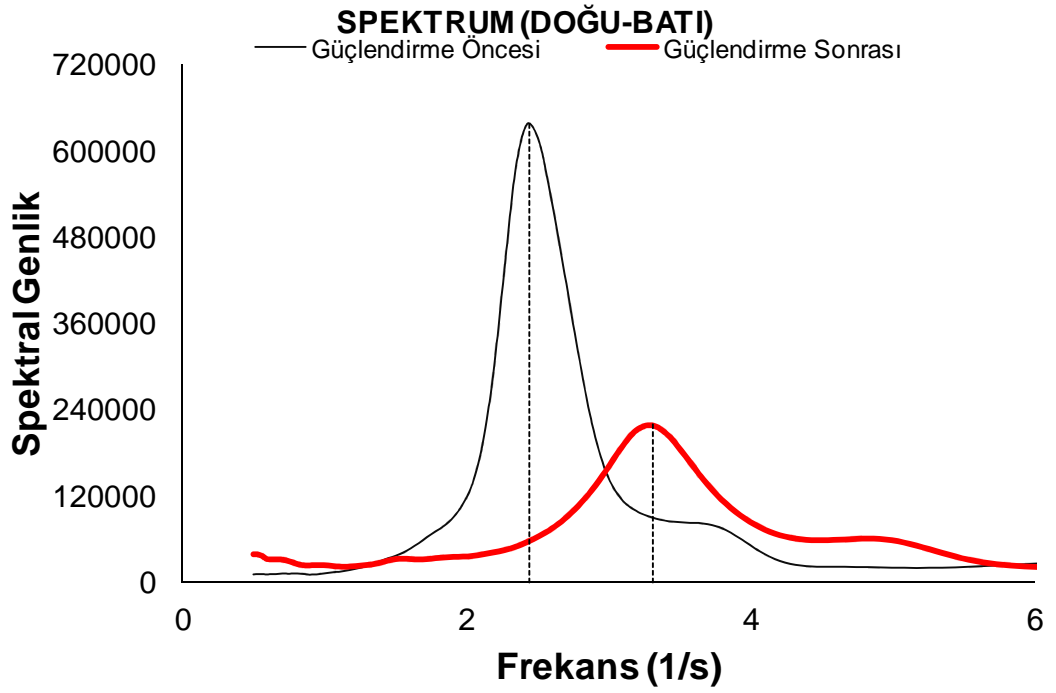
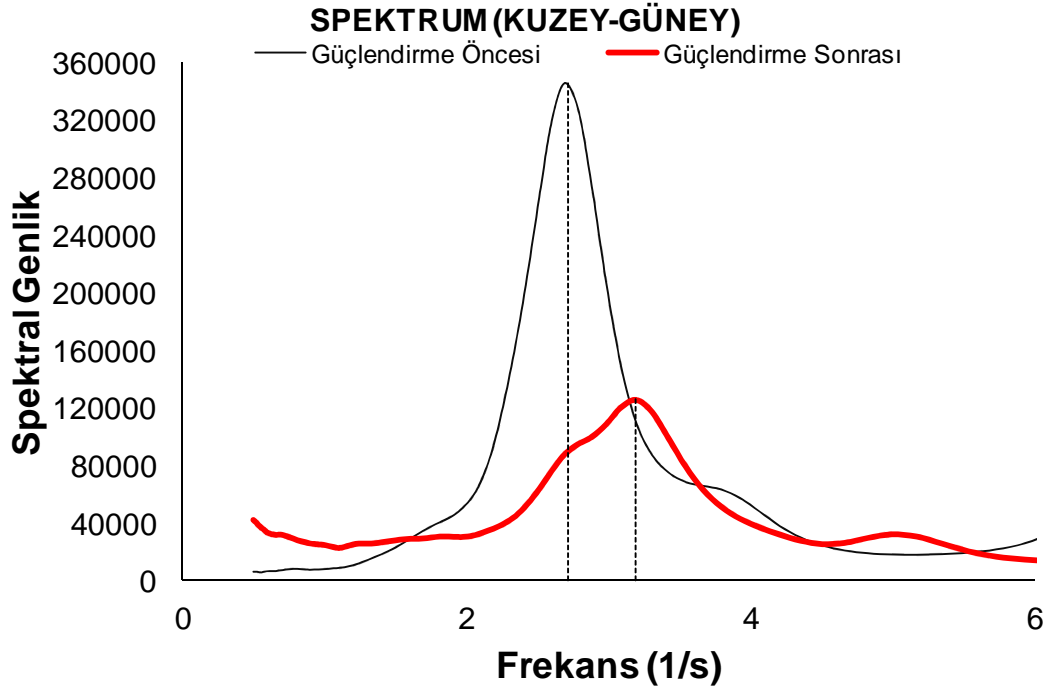
Şekil 6.6: S2-01 nolu binaya ait spektrum karşılaştırma grafikleri



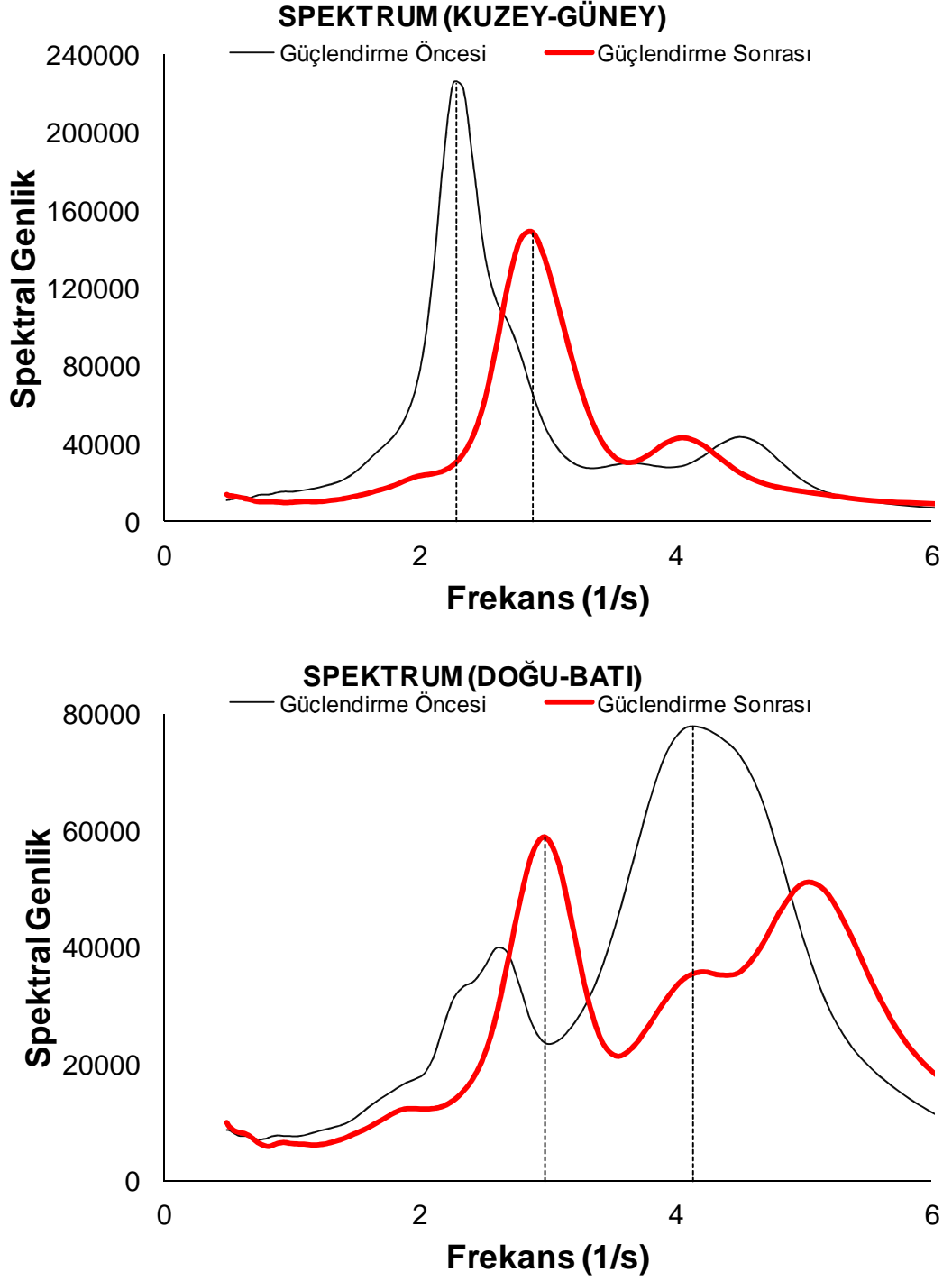
Şekil 6.7: S2-02 nolu binaya ait spektrum karşılaştırma grafikleri



Şekil 6.8: S2-03 nolu binaya ait spektrum karşılaştırma grafikleri

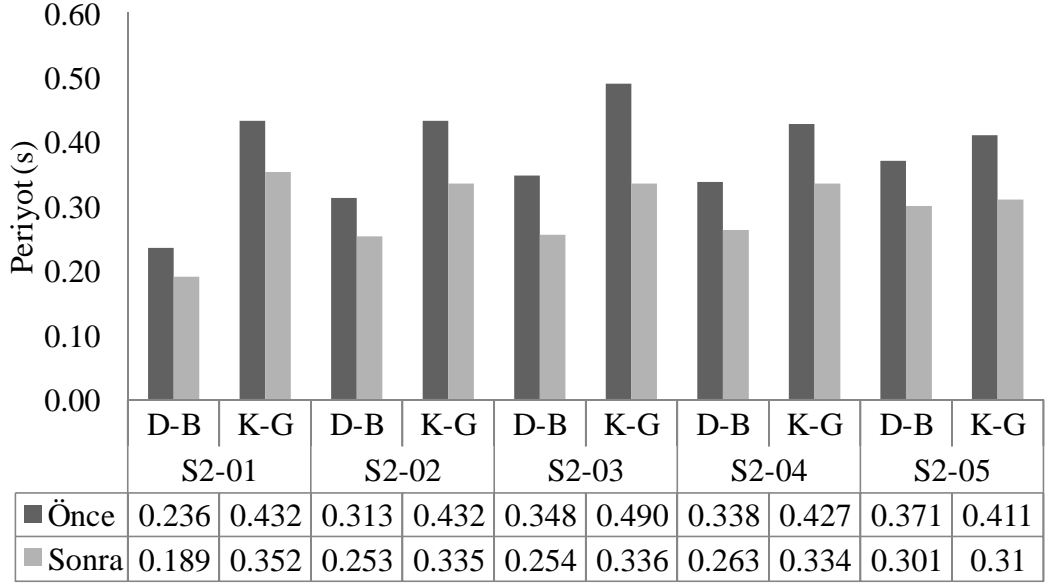


Şekil 6.9: S2-04 nolu binaya ait spektrum karşılaştırma grafikleri

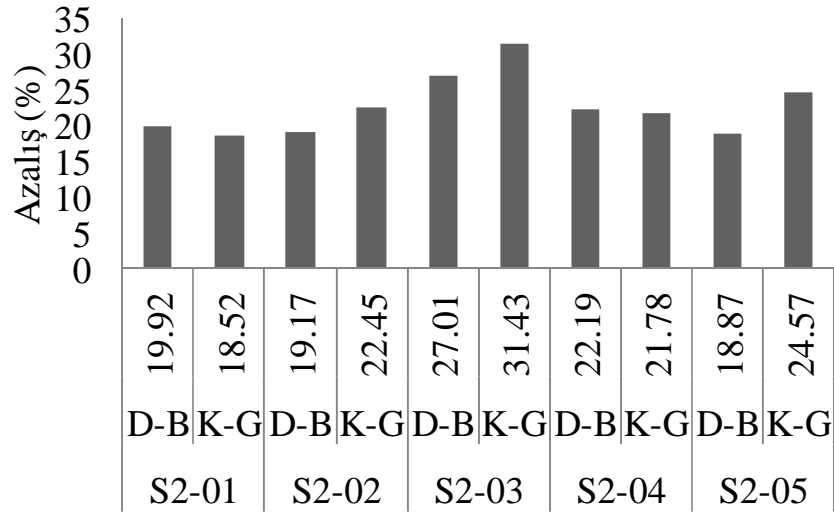


Şekil 6.10: S2-05 nolu binaya ait spektrum karşılaştırma grafikleri

Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönleri için hesaplanan baskın periyotlar ve güçlendirme öncesi ve sonrası periyot farklılıkları yüzde cinsinden Şekil 6.11 ve 6.12’de verilmiştir.



Şekil 6.11: Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Ölçülen Bina Hâkim Periyotları



Şekil 6.12: Güçlendirme Yapılan Binalarda Ölçülen Hâkim Periyot Azalması

Sonuçlar güçlendirme uygulaması sonrası baskın periyotlarda %19 ile %25 arasında azalma (Şekil 6.12) olduğunu göstermektedir. Güçlendirme öncesi binalarda yapılan ölçümler ile güçlendirme sonrası binalarda yapılan ölçümler sonucu elde edilen periyotların her iki yön için güçlendirme öncesi periyotlardan daha düşük olduğu Şekil 6.11’de görülmektedir. Güçlendirme elemanı olan perde elemanların yapı rijitliğine olan katkısı dikkate alındığında, periyotlarda böyle bir farkın oluşması beklenilmektedir.

6.3 Nümerik Analiz Sonuçları ile Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması

Bu bölümde oluşturulan Set 1 ve Set 2 binalarından 5 farklı bina seçilerek SAP2000 programı ile bilgisayar ortamında modellenmiştir. Hazırlanan modellere dolgu duvar ve güçlendirme özellikleri aynen yansıtılmış ve analiz sonucu elde edilen veriler mikrotremor ölçüleriyle karşılaştırılmıştır.

İncelenen her bir model dolgu duvarların yapı davranışına etkisinin dikkate alınması amacıyla her bir yapı duvarların taşıyıcı eleman olarak dikkate alındığı ve alınmadığı iki farklı biçimde hazırlanmıştır. Duvarların etkisi eşdeğer çapraz basınç çubukları kullanılarak yansıtılmıştır. Basınç çubuklarının özellikleri FEMA-356 ve 2007 Deprem Yönetmeliği (FEMA-356 2000; DBYBHY-2007 2007) dikkate alınarak belirlenmiştir.

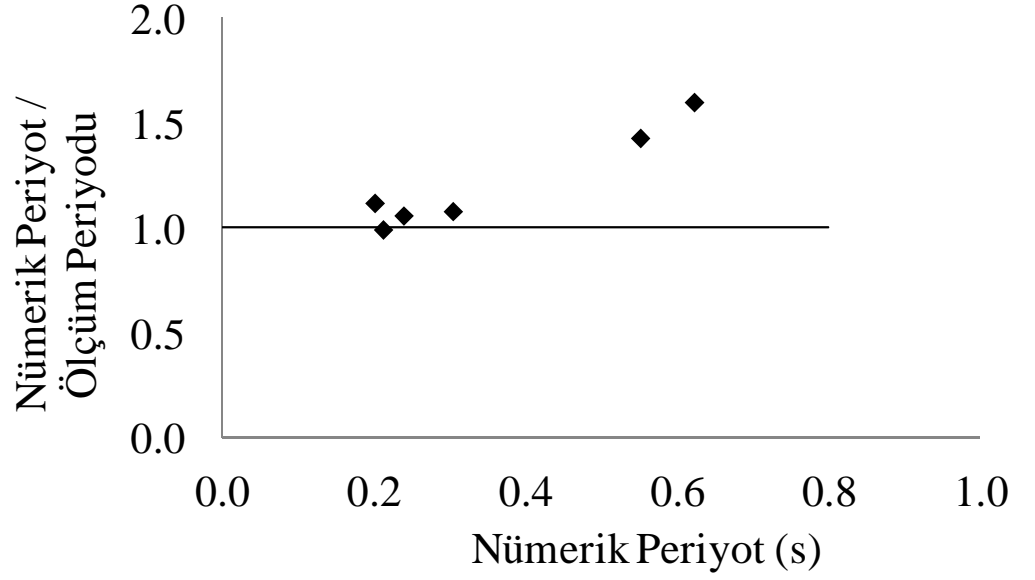
Bir duvarın basınç çubuğu olarak modellemede dikkate alınabilmesi için köşegen uzunluğunun kalınlığına oranı 30'dan küçük olmalı, içerdiği boşluk oranı duvar alanının %10'unu geçmemeli ve boşluğun konumu diyagonal basınç çubuğu oluşumunu engellememelidir (DBYBHY-2007). Duvar dayanımı FEMA-356'da belirtildiği ve DBYBHY-2007'de donatısız duvarlar için Denklem 7F.4'ün uygulanması ile görüleceği gibi duvar yatay kesit alanının, duvar kesme dayanımı ile çarpılması sonucu elde edilir. Duvarları temsil eden eşdeğer basınç çubuklarının rijitlikleri FEMA-356 ve DBYBHY-2007'de verilen bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır.

Duvar malzemesi boşluklu fabrika tuğlasıdır. Duvar elastisite modülü 1000 MPa, basınç dayanımı 1.0 MPa, kesme dayanımı 0.15 MPa olarak dikkate alınmıştır (DBYBHY-2007 2007). Duvarların doğrusal ötesi davranışları FEMA-356 Bölüm 7 kullanılarak modellenmiştir. Buna göre dolgu duvarların deformasyon kapasitesi duvarın yükseklik/genişlik oranına (narinlik) ve dolgu ile çevresindeki çerçeve elemanların dayanımlarının oranına bağlıdır. Dolgu elemanın narinlik oranı arttığı ve çevresindeki elemanların dayanımının duvar dayanımından yüksek olduğu oranda dolgu deformasyon kapasitesi artmakta; aksi durumda azalmaktadır (FEMA-356 2000; DBYBHY-2007 2007).

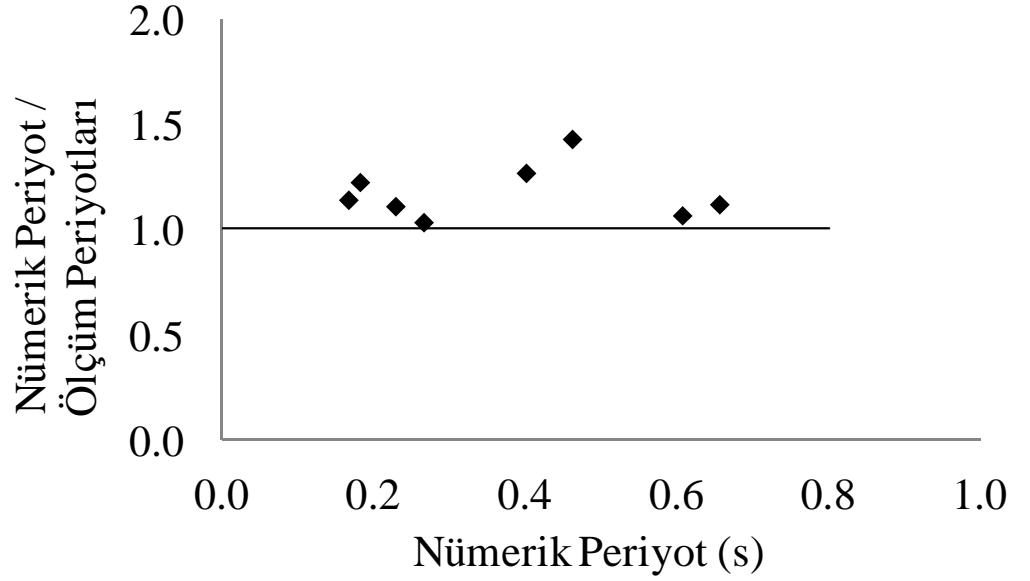
Tablo 6.2: Set1 ve Set 2 Binalarına ait Ölçüm ve Modal Analiz Sonuçları

SET 1 BİNALARI					SET 1 BİNALARI				
DOLGU DUVAR ÖNCESİ					DOLGU DUVAR SONRASI				
BİNA NO	MİKROTREMOR		MODAL ANALİZ		BİNA NO	MİKROTREMOR		MODAL ANALİZ	
	PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT ZAYIF YÖN		PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT ZAYIF YÖN
S1-02	0.180	0.214	0.201	0.212	S1-02	0.147	0.167	0.149	0.182
S1-12	0.226	0.282	0.239	0.304	S1-12	0.207	0.258	0.229	0.266
S1-15	0.386	0.551	0.389	0.622	S1-15	0.317	0.324	0.401	0.462
SET 2 BİNALARI					SET 2 BİNALARI				
GÜÇLENDİRME ÖNCESİ					GÜÇLENDİRME SONRASI				
BİNA NO	MİKROTREMOR		MODAL ANALİZ		BİNA NO	MİKROTREMOR		MODAL ANALİZ	
	PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT ZAYIF YÖN	PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT ZAYIF YÖN		PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT ZAYIF YÖN	PERİYOT GÜÇLÜ YÖN	PERİYOT ZAYIF YÖN
S2-04	0.338	0.427	0.385	0.437	S2-04	0.263	0.334	0.300	0.371
S2-05	0.371	0.411	0.310	0.337	S2-05	0.301	0.310	0.262	0.302

Set 1 ve Set 2 grubu içerisinde seçilen binalara ait modal analiz sonuçları ile ölçüm sonuçları Tablo 6.2’de verilmiştir. Set 1 grubu içerisinde seçilen binalardan dolgu duvar uygulaması öncesi ve sonrası alınan ölçümler ile analiz sonucu elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 6.13 ve 6.14’te verilmiştir.



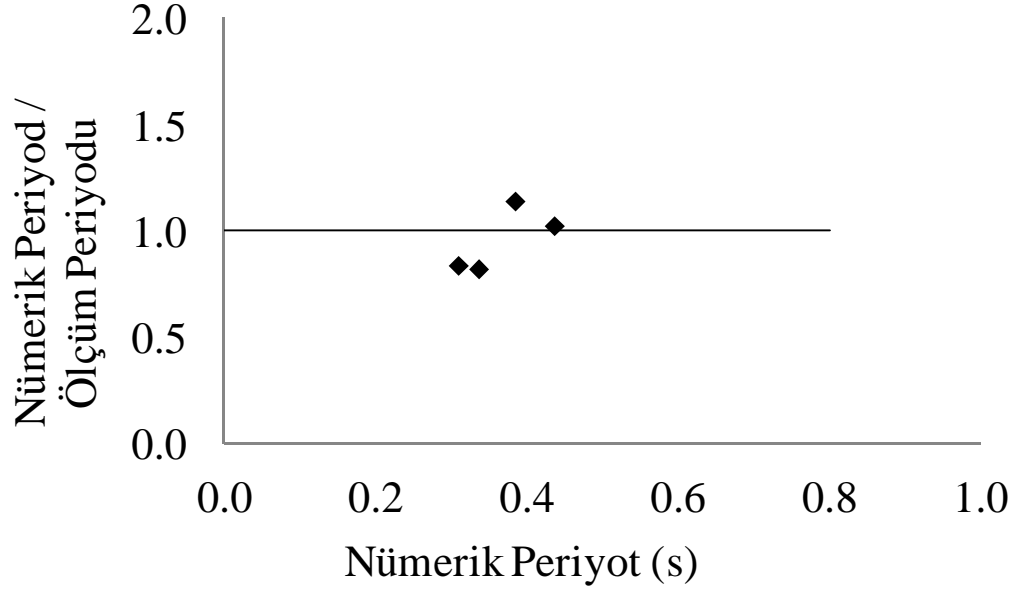
Şekil 6.13: Set 1 Binaları için Dolgu Duvarsız Ölçümler ile Nümerik Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması



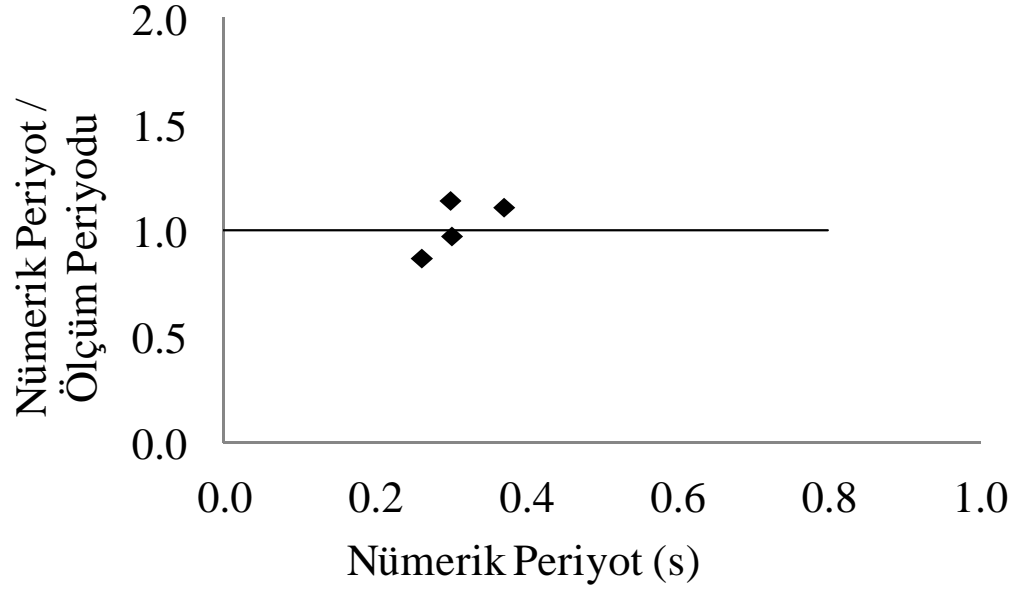
Şekil 6.14: Set 1 Binaları için Dolgu Duvarlı Ölçümler ile Nümerik Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Nümerik analiz sonucu hesaplanan baskın periyotlar; dolgu duvar öncesi yapılan ölçümlerde elde edilen periyotlara göre ortalama %21 daha yüksek bulunmuştur. Aynı durum dolgu duvar sonrası ölçümlerde de gözlenmiş ve nümerik analiz sonuçlarının dolgu duvar sonrası ölçümlere göre ortalama %17 daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum sayısal modellerde yapılan varsayımın karmaşıklığından dolayı beklenen bir durumdur. Ayrıca yapının dolgu duvar etkisi baskın periyot üzerinde düşük genlikli titreşimler için tahmin edilenden daha fazla etkili olmasından kaynaklanabilir.

Hafif hasarlı konut binalarını içeren Set 2 binaları üzerinde bu eğilim elde edilememiştir. Çünkü bu binalar hafif hasarlıdır ve her bir eleman için farklı çatlamış kesit rijitliğine sahiptir. Bu yüzden bu binaların özelliklerini tam olarak yansıtan sayısal model oluşturulamamıştır. Ayrıca S2-04 numaralı bina için nümerik analiz sonucu mikrotremor ölçümleri sonucu elde edilen baskın periyoda göre %9.2 yüksek bulunmasına rağmen S2-05 numaralı bina için nümerik analiz sonuçları mikrotremor ölçümlerine göre %14.8 daha az bulunmuştur (Şekil 6.15 ve 6.16). Sonuçlar güçlendirme öncesi ve sonrası durumlarda benzerlik göstermektedir. Bu yüzden her iki durum birlikte değerlendirilmelidir.



Şekil 6.15: Set 2 Binaları için Güçlendirme Öncesi Ölçümler ile Nümerik Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

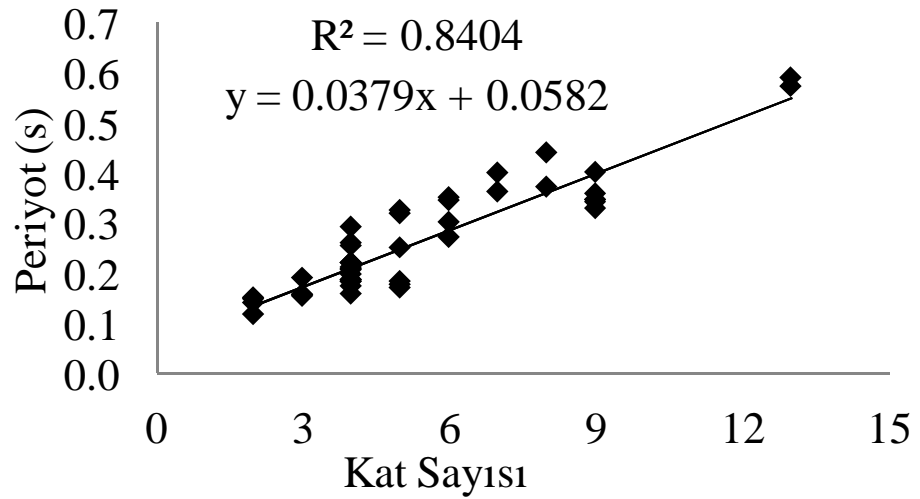


Şekil 6.16: Set 2 Binaları için Güçlendirme Sonrası Ölçümler ile Nümerik Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

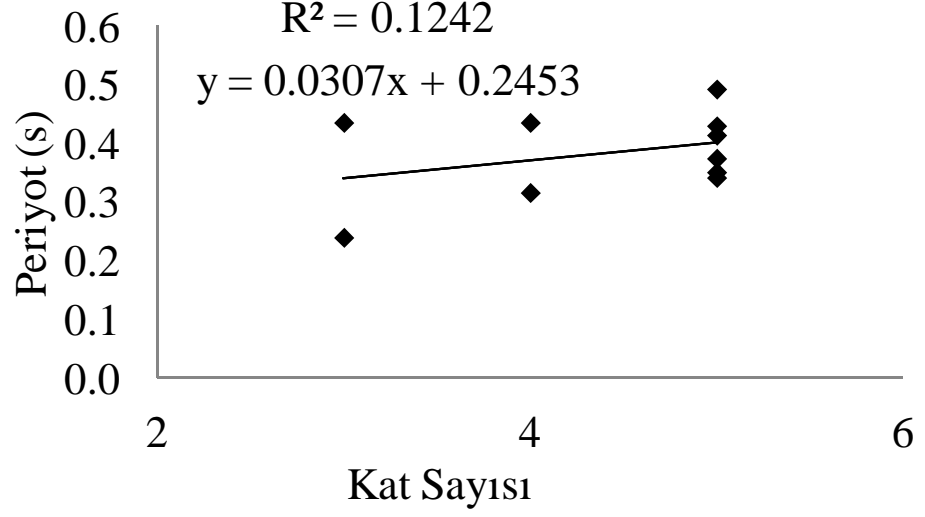
Elde edilen veriler incelendiği tutarsızlıklar göze çarpmaktadır. Bu tutarsızlıklar binanın yapısal ve yapısal olmayan elemanlarında meydana gelen hasar oranları ile ilgilidir. Ayrıca sayısal modeller oluşturulurken yapılan varsayımlar, yapı

koşulları, malzeme özelliklerinin değişkenliği ya da hasar koşulları sonuçlar üzerinde doğrudan etkilidir. Bu yüzden ortam titreşim ölçümleri mevcut yapıların gerçek dinamik özelliklerini belirlemek için optimum yöntemlerden biridir.

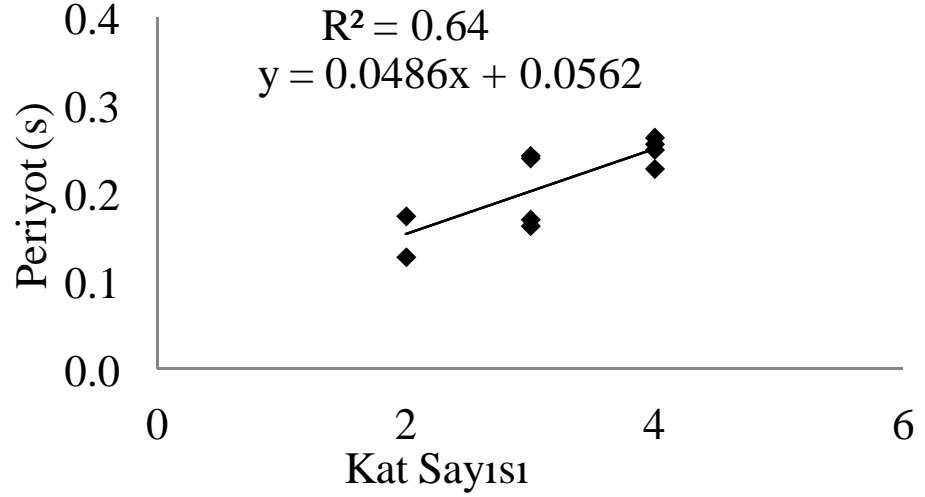
Her set için katsayısına bağlı periyot değişimi gözlemek amacıyla baskın periyot ve kat sayıları arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler oluşturulmuştur. Grafikler periyot değişiminin; kat sayısı, binalarda oluşan hasarlar ve hasar oranları, binalardaki çatlama kesit rijitliği gibi parametreler üzerinden incelemek için oluşturulmuştur. Oluşturulan grafikler sırasıyla Şekil 6.17, 6.18 ve 6.19'da verilmiştir.



Şekil 6.17: Set 1 Binaları için Kat Sayısı-Periyot İlişkisi



Şekil 6.18: Set 2 Binaları için Kat Sayısı-Periyot İlişkisi



Şekil 6.19: Set 3 Binaları için Kat Sayısı-Periyot İlişkisi

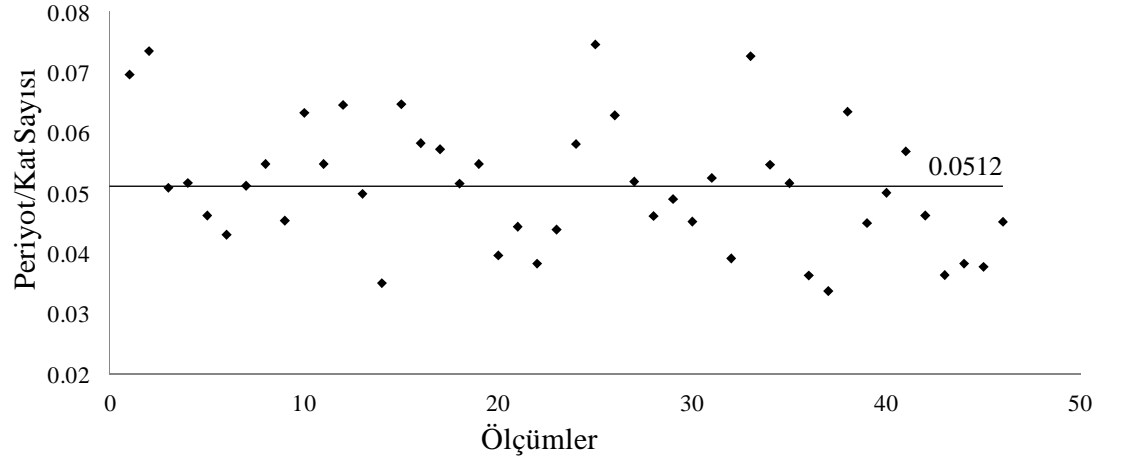
Grafikler incelendiğinde hasarı bulunmayan yeni binalardan oluşan Set 1 grubunun en iyi korelasyonu verdiği görülmektedir. Set 2 içindeki binaların hâkim periyodu ile kat sayısı arasında net bir dağılım olmayıp değişkenlik fazladır. Bunun nedeni binaların hafif hasarlı olması ve çatlamış kesit rijitliğine sahip olmalarından dolayıdır. Yapısal ve yapısal olmayan eleman zararları nedeniyle hâkim periyotlar çok farklıdır.

Set 3 binaları da Set 2 binaları gibi aynı bölgede bulunmaktadır. Ama Set 3 binalarının perde oranları tipik okul projeleri oldukları için yüksektir. Korelasyon sayısı 0.64 olarak bulunmuştur ki bu değer Set 2 binaları için bulunan değerden oldukça yüksektir. Ayrıca Set 2 ve Set 3'te bulunan binalar 19 Mayıs 2011 Simav Depremi'nde hafif hasara uğramışlardır. Bu yüzden Set 2 ve Set 3 de bulunan binaların elemanlarında çatlamış kesit rijitliği kabulü yapılmıştır. Bu durum Set 1 binaları ile rijitlik bakımından Set 2 ve Set 3 binalarının karşılaştırılmasına olanak sağlamıştır.

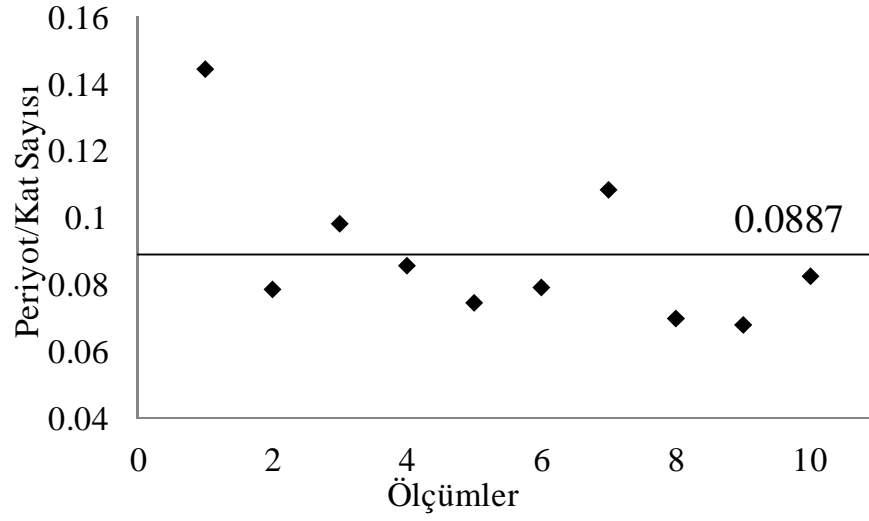
6.4 Hasarlı ve Hasarsız Binaların Rijitlik Yönünden Karşılaştırılması

Yatay yükten kaynaklanan deformasyon rijitlik ölçüsü olarak tanımlanır. Aynı yanal yük etkisindeki elemanlardan, az deformasyon yapan bir elemanın diğerine göre daha rijit olduğu belirtilebilir. Rijitlik ile binanın kullanılabilirlik sınır durumunda oluşacak ötelenmeler belirlenir. Rijitlik unsuru deprem etkisindeki davranışlarda, hafif ve orta şiddetteki depremlerde yanal ötelenmelerin kalıcı ve büyük olmamasını, şiddetli sismik etkiler altında ise rijitliğin azalabilmesi ve bina doğal periyodunun büyüyerek sismik kuvvet oluşumunu aza indirmesini amaçlar. Depreme dayanıklı bir yapı yeterli rijitliğe sahip olmalıdır. Bu kavram ötelenme ve eğilme rijitliği olarak düşünülebilir (Öztürk 2005).

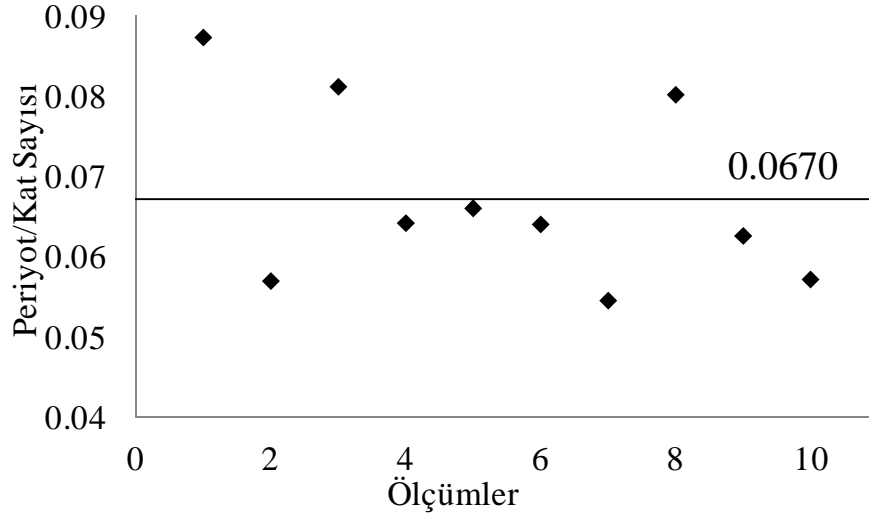
Her set için iki yönde hesaplanan titreşim periyotlarının kat sayılarına oranı hesaplanmıştır ve bu değerler her set için irdelenmiştir. Elde edilen veriler katsayısından bağımsız bir parametre elde etmemizi ve bu parametre yardımıyla setlerin rijitlik bakımından karşılaştırılmasına olanak sağlamıştır. Her set için oluşturulan grafikler sırasıyla Şekil 6.20, 6.21 ve 6.22'de verilmiştir.



Şekil 6.20: Set 1 Binaları için Periyot/ Kat Sayısı Oranları



Şekil 6.21: Set 2 Binaları için Periyot/ Kat Sayısı Oranları



Şekil 6.22: Set 3 Binaları için Periyot/ Kat Sayısı Oranları

Elde edilen grafik değerleri incelendiği zaman Set 2 ortalamalarının Set 1'inkinden %71 oranında büyük olduğu belirlenmiştir. Set 3 binaları yüksek oranda perde oranları içermiş olmalarına rağmen sonuçlar Set 1 sonuçlarına göre %24 daha büyük bulunmuştur. Bu bulgular hasarlı binaların hasarsız binalara göre rijitlik azalması yaşadığını göstermektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında 33 farklı binadan alınan farklı ortam titreşim ölçümleri kaydedilmiş ve kayıtlarda ölçülen baskın periyotlar iki yatay doğrultu için belirlenmiştir. Binalar yapısal özellikleri ve hasar oranları dikkatte alınarak üç farklı set olarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen sonuçlar mevcut binaların dinamik özelliklerini belirlemek amacıyla dikkatli bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca, seçilen bazı binalar için SAP2000 programı kullanılarak sayısal modeller oluşturularak analitik model özellikleri belirlenmiş ve elde edilen veriler bu binalara ait mikrotremor ölçümleri ile sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan ölçümler ve değerlendirmeler sonucu elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir:

- Çalışma için 23 adet yeni bina (Set 1), 5 adet hafif hasarlı konut (Set 2) ve 5 adet hafif hasarlı kamu binası (Set 3) kullanılmıştır.
- Ölçümler dolgu duvarlı hasarsız çerçeve binaların kat sayısı ile hakim periyodu arasında güçlü bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Korelasyon sayısı Set 1 binaları için 0.84 hesaplanmıştır.
- Set 2 kapsamındaki hafif hasarlı binaların baskın periyodu kat sayısı ile farklı bir eğilim göstermektedir. Bu sonuç, yapısal ve yapısal olmayan elemanların aldıkları hasar değişkenlikleri ile ilgilidir.
- Set 3 kapsamındaki yüksek oranda perde içeren hafif hasarlı kamu binaları hakim periyodu ile kat sayısı arasında Set 2 binalarına göre daha iyi korelasyon ilişkisi göstermektedir. Sonuçlar, kat sayısı ile yapıların baskın periyodu arasındaki ilişkinin hasarlar nedeniyle yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda meydana gelen rijitlik kaybıyla ters orantılı olduğunu göstermektedir.
- Yüksek oranda perde içeren Set 3 binalarında periyot/kat sayısı oranı Set 2’de olduğu gibi Set 1’den %32 daha yüksek bulunmuştur.
- Sonuçlar yapısal ve yapısal olmayan elemanların çatlamış kesit rijitliğine sahip olmaları nedeniyle sertlik dağılımını açıkça göstermektedir. Set 2 ve Set 3 binalarının hafif hasarlı binalar

oldukları unutulmamalıdır. Sadece dolgu duvarlarda ve yapıların giriş elemanlarında hafif çatlaklar gözlenmiştir.

- Set 1 binaları içerisindeki 6 farklı bina dolgu duvar uygulaması öncesi ve sonrası takip edilmiş ve mikrotremor ölçümleri alınmıştır. Elde edilen sonuçlar dolgu duvar uygulaması sonrası baskın periyotlarda % 8.4 ile %30.4 arasında değişim olduğunu göstermiştir. Ancak dolgu duvar oranlarının farklılık göstermesinden dolayı, dolgu duvar oranlarının baskın periyot üzerindeki etkilerini söylemek zordur. Fakat sonuçlar dolgu duvarların rijitliğe olan katkıları açıkça göstermektedir.
- Hafif hasarlı binalar üzerinde güçlendirme etkisini araştırmak için Set 2 binalarından 5 tanesi takip edilmiş ve güçlendirme öncesi ve sonrası mikrotremor kayıtları alınmıştır. Sonuçlar, baskın periyotların güçlendirme perde oranına bağlı olarak % 19 ile % 25 arasında azalma olduğunu göstermiştir. Baskın periyottaki azalma ile güçlendirme perde oranı arasındaki korelasyon katsayısı 0.84 olarak hesaplanmıştır ve bu katsayı periyottaki azalma ile güçlendirme perde oranındaki ilişkiyi açıkça göstermektedir.
- Set 1 binaları arasından 3, Set 2 binalarından da 2 adet bina SAP2000 programı ile sayısal olarak modellenerek modal analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar mikrotremor ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Modal analiz ile hesaplanan baskın periyotlar dolgu duvar uygulaması öncesi yapılan ölçümlere göre %21.2, dolgu duvar uygulaması sonrası yapılan ölçümlere göre %17.1 daha yüksek hesaplanmıştır.
- Mevcut yapıların gerçek davranışını yansıtan bir sayısal model oluşturmak, varsayım karmaşıklığı, inşaat sırasında öngörülemeyen değişkenlikler dikkatte alındığında mümkün değildir. Fakat mevcut yapıların baskın periyodunun sayısal modellere göre daha düşük olduğu sonucuna varılabilir.
- Hafif hasarlı binalarda mikrotremor ölçümleri ile sayısal analiz sonuçlarını karşılaştırmakta zorlanılmıştır. Bunun nedeni yapısal veya yapısal olmayan elemanlar üzerinde oluşan hasarların veya yerel rijitlik kaybını temsil eden sayısal model oluşturulamamasıdır.

Nitekim mikrotremor ölçümleri özellikle herhangi bir hasarı olmayan mevcut yapıların dinamik özelliklerini belirlenmek için kullanmak daha çok yararlı olabilir.

Tezin devamı için öngörülen çalışmalar ise aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Mikrotremor ölçümleri yapılan binaların bulunduğu zeminlerde, zemin ölçümleri yapılarak yapı-zemin etkileşimleri ve rezonans etkileri araştırılabilir.
- Ölçüm yapılan binalarda bina içinde yada dışında yapının davranışını etkileyen ağır iş makinalarının yarattığı titreşimlerin birlikte yarattığı etki araştırılabilir.
- Sistem güçlendirmesi yapılan binalar ile aynı yapısal özellikleri gösteren yapı inşaat aşamasında betonarme perde elemanları bulunan binalarda mikrotremor ölçümleri alınarak sistem güçlendirmesinin etkileri daha detaylı incelenebilir.
- Ölçüm yapılan bina sayıları arttırılarak periyot-kat sayısı ilişkisi daha detaylı incelenebilir.

8. KAYNAKLAR

Asci, M., Özçep, F., Çetinol, T., Alpaslan, N., Irmak, S., Ulutaş, E., Güven, İ.T., Tunç, B., Tunç, S., Çaka, D., Yas, T., Efeoğlu, E., Barış, Ş. Ve Özer, M.F., “Zemin Sıvılaşması İle Mikrotremor Çözümleme Sonuçlarının Karşılaştırılması”, *Kocaeli 2005 Deprem Sempozyumu*, 1140, Kocaeli, (2005).

Baran, M., “Dolgu duvarların betonarme çerçevesel yapıların davranışı üzerindeki etkilerinin incelenmesi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27 (2), 275-284, (2012).

Bayraktar, A., Türker, T., “Deneysel Modal Analiz Yöntemi ile Düzlem çerçevelerin Dinamik Karakteristiklerinin Belirlenmesi”, *Kocaeli 2005 Deprem Sempozyumu*, 1035-1041, (2005).

Bayraktar, A., Türker, T., Altunışık, A.C., Sevim, B., Şahin, A., Özcan, D.M., “Binaların Dinamik Parametrelerinin Operasyonel Modal Analiz Yöntemiyle Belirlenmesi”, *İMO teknik Dergi*, 5185-5205, (2010).

Bayülke, N., *Zemin Ve Betonarme Yapı Deprem Davranışı*, Ankara: Evrim Yayınevi, (2011).

Clough, R.W. and Penzien, J., *Dynamics of structures*, Mcgraw-Hill, New York, 634 pp, (1975).

Çoşgun, T., Pınar, A., Yüksel, F.A. ve Çoşgun, A., “Mevcut Yapıların Deprem Riski Analizinde, Dinamik Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Örnek Bir Mikrotremor Çalışması”, *Kocaeli 2007 International Earthquake Symposium*, 37-45, Kocaeli, (2007).

DBYBHY-2007, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, (2007).

Dönmez, C., Karakan, E., “Köprülerde Deneysel Modal Analiz Uygulamaları”, *İMO Teknik Dergi*, 4851-4863, (2009).

FEMA-178, “NEHRP Handbook for Seismic Evaluation of Existing Buildings”, Federal Emergency Management Agency, (1998).

FEMA-356, “Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings”, Federal Emergency Management Agency, (2000).

Geopsy Projeckt, [http:// www.geopsy.org/](http://www.geopsy.org/)

Guralp Systems Ltd, [http:// www.guralp.com/](http://www.guralp.com/)

İnel, M., Kütahya Bölgesindeki Okul Binalarının Sismik Performanslarının Belirlenmesi Çalışması, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, (2011).

Kanai K., Tanaka, T., “On Microtremors, VII”, *Bull. Earthquake Res. Inst.*, Vol. 39, 97-114, (1961).

Karabulut, S., Özel, O., Özçep, F., “Deprem Tehidi Altındaki Mühendislik Yapılarının Hakim Titreşim Periyotlarının Belirlenmesinde Yeni Bir Seçenek: Mikrotremor Yöntemi Ve Örnek Uygulaması”, *New World Sciences Academy*, 4:3, 428-441, (2009).

Kramer, S.L., Geoteknik Deprem Mühendisliği, (Çev: K. Kayabalı), Gazi Kitabevi, (2003).

Lermo, J., Chavez-Garcia, F. J., “Are microtremors useful in site response evaluation? ”, *Bull. Seismoll. Soc. Am.*, 84, 1350-1364, (1994).

Nakamura Y., “A Method For Dynamic Characteristics Estimation Of Subsurface Using Microtremor On Ground Surface”, *Quarter Report of the Railway Technical Research Institute*, 30, 25-33, (1989).

Özcan, G., “Yapıların Dinamik Özelliklerinin Mikrotremor Ölçümleri ile Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, (2013).

Öztürk, T., “Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Yerleşimi ve Tasarımı”, *İMO İstanbul Şubesi Mesleki Eğitim Kursları*, (2005).

Sayers, Z., “Ortadoğu Sinkrotron Işınımı Laboratuvarı Projesi, SESARRAY Projesi”, *1. Ulusal Parçacık Hızlandırıcıları ve Uygulamaları Kongresi*, Ankara, 1-5, (2001).

Siyahi, B., Selçuk, M.E., “Yerel Zemin Koşullarının Belirlenmesinde Mikrotremor Ölçümlerinin Kullanılması: Adapazarı Örneği”, *Kocaeli 2005 Deprem Sempozyumu*, 1167-1177, (2005).

SAP2000 v14.2, Computer&Engineering Ltd.Şti., 2014.

Sungkono S., Warnana D.D., Triwulan M. and Utama W., “Evaluation of buildings strength from Microtremor Analyses”, *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, 11:05, 108-114, (2011).

Tekebaş, S., Yalçinkaya, E., “Mikrotremor Verilerinde Güvenilir H/V Eğrisi ve Belirgin T_0 Niteleme Koşulları”, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Ankara, 1-8, (2011).

Utku, M., Akgün, M., Özden, G., Gürler, M. ve Özdağ, Ö.C., “Mikrotremor Verisini Değerlendirmede Özel Durumlar”, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Ankara, 1-10, (2011)

Vanmarcke, E.H. “Structural response to earthquakes”, chapter 8 in C., (eds. Lomnitz and E. Rosenblueth), *Seismic Risk and Engineering Decisions*, Amsterdam: Elsevier, 287-338, (1976).

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : **Şamil KARAGÖZ**

Doğum Yeri ve Tarihi : **Fethiye – 09.06.1990**

Lisans Üniversite : **Pamukkale Üniversitesi**

Elektronik posta : **samil.karagoz@gmail.com**

İletişim Adresi : **Pamukkale Üniversitesi**

Yayın Listesi :

Konferans listesi :