

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**23 EKİM 2011 VAN DEPREMİNDE HASAR GÖRMÜŞ BETONARME BİR
BİNANIN ANALİTİK İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gaye ÖZKAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**23 EKİM 2011 VAN DEPREMİNDE HASAR GÖRMÜŞ BETONARME BİR
BİNANIN ANALİTİK İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Gaye ÖZKAN
(501101216)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Beyza TAŞKIN

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101216 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Gaye ÖZKAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“23 Ekim 2011 Van Depreminde Hasar Görmüş Betonarme Bir Binanın Analitik İncelemesi”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Beyza TAŞKIN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Y. Doç. Dr. Beyza TAŞKIN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Zeki HASGÜR
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Güray ARSLAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **4 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **7 Haziran 2012**

Biricik annem Filiz Özkan'a,

ÖNSÖZ

23 Ekim 2011 Van depreminde binalarda karşılaşılan hasarlar açıkça görülmüştür. Binanın deprem etkisi karşısında aldığı hasarlar zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesaplara elde edilmeye çalışılmıştır.

Tez süresince yol gösteren, yardımlarını esirgemeyen sevgili tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Beyza TAŞKIN'a, yardımlarını esirgemeyen amirime ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tüm ömrüm boyunca bana her konuda destek olan ve kol kanat geren aileme, canım anneme, babama, yeni bir hayat kuracağım H.Caner Duran'a teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2012

Gaye ÖZKAN
(Jeofizik ve İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. KUVVETLİ YER HAREKETLERİ VE KAYITÇILAR.....	3
2.1 Sismograf ve Sismik Ağ.....	3
2.2 Kuvvetli Hareket Kayıt Şebekesi	7
2.3 İvme Kaydı.....	9
2.3.1 İvme kayıtlarının seçimi için DBYBHY’ te tanımlanan kriterler	10
2.4 Gürültü ve Etkileri.....	10
2.5 Yer Hareketi Parametreleri.....	14
2.5.1 Genlik parametreleri	14
2.5.1.1 Pik ivme / hız / yerdeğiştirme	15
2.5.1.2 Efektif ivme.....	15
2.5.1.3 Etkin ivme	16
2.5.2 Frekans içeriği.....	16
2.5.2.1 Fourier dönüşümü ve spektrumu.....	16
2.5.2.2 Davranış (response) spektrumu.....	17
2.5.3 Mühendislik şiddetleri.....	18
2.5.3.1 Yer hareketinin karakteristiklerine bağlı olan mühendislik şiddetleri.....	18
2.5.3.2 Yapının deterministik özelliklerine ve yer hareketinin rastgeleliğine bağlı olan mühendislik şiddetleri	18
3. YAPI SİSTEMLERİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN TEORİYE GÖRE HESABI.....	21
3.1 Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Davranışı	21
3.2 Yapı Sistemi Çözümünün Sağlaması Gereken Koşullar	22
3.3 Doğrusal Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi	22
3.4 Yapı Malzemelerinin Gerilme-Şekildeğiştirme Bağıntıları	24
3.4.1 Sargılı ve sargısız beton modelleri.....	24
3.4.2 Beton çeliği modeli	25
3.5 Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekil Değiştirme Kapasiteleri.....	26
3.5.1 Birim şekil değiştirme sistemlerinin belirlenmesi	26
3.5.2 Plastik mafsallı hipotezi	27
3.6 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	28
3.6.1 Kesit hasar sınırları	28
3.6.2 Kesit hasar bölgeleri.....	28
4. VAN DEPREMİNE AİT KAYITLAR.....	29

5. DEPREMLERDE HASAR GÖREN BETONARME BİNANIN	
İNCELENMESİ	43
5.1 Alaköy Bölgesi ve Bina Hakkında Genel Bilgiler	43
5.2 Alaköy Bölgesindeki Okul Binasının Doğrusal Olmayan Dinamik Çözümü ..	47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR.....	75
ÖZGEÇMİŞ	79

KISALTMALAR

BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
DAF	: Doğu Anadolu Fayı
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
GB	: Göçme Bölgesi
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
İYBDY	: İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Donatı çeliği için gerilme-şekil değiştirme değerleri.....	26
Çizelge 3.2 : Kesit hasar sınırlarına göre tanımlanan beton ve donatı çeliği birim şekil değiştirme üst sınırları.....	26
Çizelge 4.1 : Van deprem kayıtlarının mühendislik şiddet değerleri.....	30
Çizelge 4.2 : Van deprem kayıtlarına uygulanan filtreleere ait frekans değerleri.	45
Çizelge 4.3 : Yapıdaki kesitler ve donatı bilgileri.....	45
Çizelge 5.1 : Yapıdaki kesitler ve donatı bilgileri.	47
Çizelge 5.2 : Burulma düzensizliği kontrolü- x yönü.....	55
Çizelge 5.3 : Burulma düzensizliği kontrolü- y yönü.....	55
Çizelge 5.4 : Farklı ölçekleme faktörleri için kolona ait kesme kuvveti değerleri...	66

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma (USGS-United States Geological Survey) Kurumu ve bununla işbirliği içerisindeki diğer sismograf ağlarına ait istasyonların Yeryuvarı üzerindeki konumları.	5
Şekil 2.2 : Almanlar tarafından oluşturulan sismograf ağı.	6
Şekil 2.3 : Avrupa ve Akdeniz’ de yer alan istasyonlar.	6
Şekil 2.4 : Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığının Sismograf Ağları	7
Şekil 2.5 : Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Sismograf Ağları.....	8
Şekil 2.6 : Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Sismograf Ağları.....	13
Şekil 2.7 : 1989 Loma Prieta depremi, Gilroy kayıtları	14
Şekil 2.8 : 1989 Loma Prieta depremi, Gilroy spektrum grafikleri.	15
Şekil 3.1 : Pekleşme etkisine göre moment-plastik dönme grafikleri.	23
Şekil 3.2 : Sargılı ve sargısız beton malzemesinin gerilme-şekil değiştirme bağıntıları.	24
Şekil 3.3 : Donatı çeliğinin gerilme-şekil değiştirme bağıntısı.	25
Şekil 3.4 : Betonarme elemanlardaki kesit hasar bölgeleri.....	28
Şekil 4.1 : Bölgenin 1996 tarihli deprem bölgeleri haritası.	29
Şekil 4.2 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu.....	31
orjinal kaydı ivme zaman grafiği	31
Şekil 4.3 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu filtrelenmiş veri ivme zaman grafiği.....	31
Şekil 4.4 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu orjinal kaydı hız-zaman grafiği.....	32
Şekil 4.5 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu işlenmiş veri hız-zaman grafiği.....	32
Şekil 4.6 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu orjinal kaydı yerdeğiştirme-zaman grafiği	33
Şekil 4.7 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu filtrelenmiş kayıt yerdeğiştirme-zaman grafiği	33
Şekil 4.8 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu orjinal kaydı Fourier spektrumu	34
Şekil 4.9 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu işlenmiş veri Fourier spektrumu	34
Şekil 4.10 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal kaydı ivme zaman grafiği.....	35
Şekil 4.11 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri ivme zaman grafiği.....	35
Şekil 4.12 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal kaydı hız zaman grafiği.....	36
Şekil 4.13 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri hız zaman grafiği.....	36

Şekil 4.14 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal veri yerdeğiştirme zaman grafiği.....	37
Şekil 4.15 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri yerdeğiştirme zaman grafiği.....	37
Şekil 4.16 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal veri genlik frekans grafiği.....	38
Şekil 4.17 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri genlik frekans grafiği.....	38
Şekil 4.18 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal veri ivme zaman grafiği.....	39
Şekil 4.19 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri ivme zaman grafiği.....	39
Şekil 4.20 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal veri hız zaman grafiği.....	40
Şekil 4.21 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri hız zaman grafiği.....	40
Şekil 4.22 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal veri yerdeğiştirme zaman grafiği.....	41
Şekil 4.23 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri yerdeğiştirme zaman grafiği.....	41
Şekil 4.24 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal veri genlik frekans grafiği.....	42
Şekil 4.25 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri genlik frekans grafiği.....	42
Şekil 5.1 : Alaköy bölgesinin konumu.....	43
Şekil 5.2 : Alaköy kurs binası, yan cephe fotoğrafı.....	45
Şekil 5.3 : Alaköy kurs binası kalıp planı ve donatı detayları.....	45
Şekil 5.4 : Binanın iki deprem sonrası karşılaştırmalı fotoğrafları.....	46
Şekil 5.5 : Tip 1 x yönü momente karşı eğrilik grafiği.....	48
Şekil 5.6 : Tip 1 y yönü momente karşı eğrilik grafiği.....	49
Şekil 5.7 : Tip 2 x yönü momente karşı eğrilik grafiği.....	49
Şekil 5.8 : Tip 2 y yönü momente karşı eğrilik grafiği.....	50
Şekil 5.9 : Tüm katlar için x yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (orjinal kayıt).....	52
Şekil 5.10 : Tüm katlar için y yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (orjinal kayıt).....	52
Şekil 5.11 : Taban kesme kuvvetinin x yönünde zamana bağlı değişim grafiği (Van Muradiye kayıtları) (orjinal kayıt).....	53
Şekil 5.12 : Taban kesme kuvvetinin y yönünde zamana bağlı değişim grafiği (Van Muradiye kayıtları) (orjinal kayıt).....	53
Şekil 5.13 : En üst kat yerdeğiştirmesi – Taban kesme kuvveti değişimi, x yönü (orjinal kayıt).....	54
Şekil 5.14 : En üst kat yerdeğiştirmesi – Taban kesme kuvveti değişimi, y yönü (orjinal kayıt).....	54
Şekil 5.15 : Tüm katlar için x yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.2 g için).....	56
Şekil 5.16 : Tüm katlar için y yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.2 g için).....	56
Şekil 5.17 : Tüm katlar için x yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.3 g için).....	57

Şekil 5.18 : Tüm katlar için y yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.3 g için)	57
Şekil 5.19 : Tüm katlar için x yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.4 g için)	58
Şekil 5.20 : Tüm katlar için y yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.4 g için)	58
Şekil 5.21 : Tüm katlar için x yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.5 g için)	59
Şekil 5.22 : Tüm katlar için y yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.5 g için)	59
Şekil 5.23 : Taban kesme kuvvetinin x yönünde zamana bağlı değişim grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.5g için)	60
Şekil 5.24 : Taban kesme kuvvetinin x yönünde zamana bağlı değişim grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.5g için)	60
Şekil 5.25 : 3. Katın x yönü taban kesme kuvvetine göre değişimi (Van Muradiye kayıtları-Büyütme faktörü 0.5g için).....	61
Şekil 5.26 : 3. Katın y yönü taban kesme kuvvetine göre değişimi (Van Muradiye kayıtları-Büyütme faktörü 0.5g için).....	61
Şekil 5.27 : Tip 1 kolonu x yönü karşılıklı etki diyagramı	62
Şekil 5.28 : Tip 1 kolonu y yönü karşılıklı etki diyagramı	62
Şekil 5.29 : Muradiye KG etkisinde zemin kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi.....	63
Şekil 5.30 : Muradiye KG etkisinde birinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi.....	63
Şekil 5.31 : Muradiye KG etkisinde ikinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi.....	64
Şekil 5.32 : Muradiye DB etkisinde zemin kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi.....	64
Şekil 5.33 : Muradiye DB etkisinde birinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi.....	65
Şekil 5.34 : Muradiye DB etkisinde ikinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi.....	65
Şekil 6.1 : Muradiye KG etkisinde zemin kat kolonlarının hasar durumunun incelenmesi.....	68
Şekil 6.2 : Muradiye KG ve Van merkez KG etkisinde zemin kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi.....	68
Şekil 6.3 : Muradiye DB etkisinde zemin kat kolonlarının hasar durumunun incelenmesi.....	69
Şekil 6.4 : Muradiye DB ve Van merkez DB etkisinde zemin kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi.....	69
Şekil 6.5 : Muradiye KG etkisinde birinci kat kolonlarının hasar durumunun incelenmesi.....	70
Şekil 6.6 : Muradiye KG ve Van merkez KG etkisinde birinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi.....	70
Şekil 6.7 : Muradiye DB etkisinde birinci kat kolonlarının hasar durumunun incelenmesi.....	71
Şekil 6.8 : Muradiye DB ve Van merkez DB etkisinde birinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi.....	71
Şekil 6.9 : Muradiye KG etkisinde ikinci kat kolonlarının hasar durumunun incelenmesi.....	72

Şekil 6.10 : Muradiye KG ve Van merkez KG etkisinde ikinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi	72
Şekil 6.11 : Muradiye DB etkisinde ikinci kat kolonlarının hasar durumunun incelenmesi	73
Şekil 6.12 : Muradiye DB ve Van merkez DB etkisinde ikinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi	73

23 EKİM 2011 VAN DEPREMİNDE HASAR GÖRMÜŞ BETONARME BİR BİNANIN ANALİTİK İNCELEMESİ

ÖZET

Deprem mühendisliği için depremlerde kaydedilen yer hareketlerine ait verilerin işlenmesi önemlidir. Bu nedenle veri işlem teknikleri bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere koşut olarak ilerlemekte ve yazılımlar geliştirilmektedir. Kuvvetli yer hareketi kayıtçıları tarafından elde edilen sinyallerdeki (ivme-zaman geçmişlerindeki) gürültülerinin arındırılması aşamasında farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bilindiği üzere bir depremde oluşan yer hareketine ait kayıtlarda bulunan gürültü, verinin yorumlanmasında bozucu etki yaratmaktadır. Genellikle veri işleme tekniği olarak Fourier analizi sıkça kullanılmakta iken, yakın tarihlerde yapılan çalışmalarda özellikle durağan olmayan sinyaller dikkate alındığında dalgacık yöntemi (wavelet transformation technique) de önerilen veri işleme teknikleri arasında yer kazanmıştır.

Günümüzdeki hesap yöntemlerinin önemli bir kısmı zaman tanım alanında doğrusal ve / veya doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile ilgili kısıtları içeren Deprem Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkında Yapılacak Yönetmelik (DBYBHY), FEMA ve taslak halinde olan İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği (İYBDY) bu konu hakkında gerekli standartları düzenlemektedir.

2011 yılında Van'da meydana gelen depremde hasar gören bir kurs binasının analitik incelenmesinin yapılması konu olarak ele alınmıştır. Depremi geçirmiş olan binadaki deformasyonlar doğrusal olmayan analizle tespit edilmiştir. Çalışmada yapı sistemlerinin doğrusal olmayan teoriye göre hesabı yapılırken SAP2000 programı kullanılarak üç boyutlu olarak örnek olarak ele alınan bina modellenmiştir. Ek olarak yapıda DBYBHY 2007'ye göre zaman tanım alanında çözümleme yapılarak depremde gördüğü hasarlar çözümle elde edilmeye çalışılmıştır. Yapıdaki kolon ve kirişlerde mafsallı oluşup oluşmayacağı gözlenmek istenmiştir. 23 Ekim 2011 Van Muradiye kayıtları kullanılarak oluşturulan grafiklerde de görüldüğü gibi, göçme durumuna ulaşan hasar mevcuttur. Analitik olarak tespiti yapılmaya çalışılan bu hasarla beraber, 9 Kasım 2011 Van Merkez kayıtlarının da etkisinin ilave edilmesi sonrasında çok büyük yerdeğiştirmelerin meydana gelmediği görülmüştür. Çalışma esnasında 5 farklı büyütme faktörü kullanılarak deprem verileri binaya SAP2000 programına yük tanımlamaları aracılığıyla etkilmiş ve hasar olan durumlar tespit edilmiştir. Deprem kuşağında yeralan ülkemizde varolan deprem kayıtları ile bu ve benzeri yapılarda zaman tanım alanında doğrusal olmayan yöntemlerin uygulanması daha gerçekçi yaklaşımlar sağlamaktadır. Bu nedenle tasarımlar yapılırken lineer çözümlerin yanısıra lineer olmayan çözümler de yapılmalı ve elemanların kapasiteleri daha gerçekçi bir yaklaşımla belirlenmiş olur.

ANALYTICAL INVESTIGATION OF AN RC BUILDING WHICH DAMAGED ON 23 OCTOBER 2011 VAN EARTHQUAKE

SUMMARY

Data processing which is related with earth motion is important for earthquake engineering. So data processing techniques improves parallel with computer technology and new softwares are developed. There are different methods at the noise filtering level from signals (acceleration-time history) which are taken from strong motion recorder. The noise at the earth motion data effects negatively the data interpretation.

Generally Fourier analysis often use for data processing technique while wavelet transformation technique has been proposed especially for not-stable signals recently.

Nowadays, DBYBHY, FEMA, İYBDY arrange the restraints of the calculation methods which are time history linear analysis or non-linear analysis.

Analytical research of course building which suffer damage at the earthquake at Van in 2011 is taken as a topic for thesis. Deformations at the building have been determined via non-linear analysis.

When calculations made by non-linear theory for construction systems, construction has been modeled with SAP2000 as a 3D.

In addition, construction has been analysed according to DBYBHY 2007 to get damages which comes from earthquake. Joint formation at colons and beams has been followed.

Graphics which includes 23 October 2011 Van Muradiye datas show data there is a damage nearly collapse. Very big displacements have not been detected after addition of 9 November 2011 Van Merkez datas.

5 different enlargement factors have been used at the study. Earthquake datas are defined as load cases at SAP2000 to determine the damage of elements.

Application of non-linear method provide us more accurate approximation, especially in our country which is located at seismic belt. For this reason, non-linear solutions should be done as an addition to linear solutions while construction design and so the capacities of structure elements will be defined.

The tectonics of the this region is influenced by the moving to north and subducting the Arabian plate beneath the Anadolu plate. In the South, the Anadolu plate squeezed between the Arabian plate and in the north the Euro-Asian plate. As a consequence of these crustal movements, there are EW trending thrust faults and major fold axis and NW-SE and NE-SW trending strike-slip faults.

The Van Lake Basin is located at the northern front of Bitlis Sture Zone (BZF) formed as a result of neotectonic activity. Thats why this ongoing tectonic activity in the region, strong earthquakes shook Van Lake Region.

There is heavy damage to buildings and significant casualties in this province. A number of 5-8 stories RC buildings collapsed particularly in Van.

The causes of the heavy damage are based on poor quality of construction materials, lack of implementation of design codes, existence of weak-floor to reinforced concrete buildings were basically similar to the observations in previous earthquakes. Site effects must be added to this reasons.

There are many damages on this region especially school building.

Along the eastern shore of Van Lake and between Van and Erciş, Van-Erciş earthquake caused an extensive liquefaction and associated ground failures particularly on the plains along the eastern shore of Van Lake and between Van and Erciş.

The liquefaction and associated ground failures resulted from lateral spreading, particularly, close to river beds and lake shore led to damage to some residential houses, embankments and some bridges. In addition, slope instabilities in different sizes also occurred at some locations.

In this chapter, first, local site conditions, which have important effects on liquefaction and associated geotechnical damages, were briefly outlined based on the findings in the previous geotechnical studies performed in Van city.

Then observations performed by the authors at different parts of the earthquake-affected region, evaluations on grain size distributions of the samples collected from ejected sands and silty sands and the lateral spreading induced by ground liquefaction, slope instabilities and associated geotechnical damages observed after the earthquake are given and discussed.

The Van-Edremit earthquake with a magnitude of 5.6 is probably the smallest magnitude earthquake to cause liquefaction in Turkey so far. One more time, this earthquake showed that ground liquefaction can occur in the same location repeatedly.

Tabanlı-Van Earthquake October 23rd, 2011 ML6.7 caused damage in a widespread area specifically in the settlement regions throughout the Lake Van.

A lots of buildings totally collapsed during the shake in Erciş district. After 17 days this destructive event, another earthquake of ML5.6 hit the region again on the 9th of November having the epicentral location at Edremit district.

The second earthquake mostly affected the central region of Van province with many collapsed buildings and furthermore it significantly increased the existing structural damages.

Strong motion records from both earthquakes and their impacts on structures as well as geotechnical issues are studied in this paper.

Soil amplification is evaluated to be one of the main reasons for the heavy damage occurred in Erciş. Extensive liquefaction triggered lateral spread, landslide and slope failure cases were observed mainly at non-residential areas.

The observed damages are strongly correlated with insufficient qualities of structural materials, inadequate detailing and poor workmanship are seen at that region.

1. GİRİŞ

Yerkürede oluşan her bir deprem, yer fiziği, sismoloji ve deprem mühendisliği disiplinleri gözönüne alındığında büyük önem arz etmektedir. Sismolojinin, uygulamalı bir disiplin olan deprem mühendisliği alanına hizmeti konusunda ise depremlerde kaydedilen yer hareketlerine ait verilerin işlenmesi önem kazanmaktadır. Bu nedenle veri işlem teknikleri bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere koşut olarak ilerlemekte ve yazılımlar geliştirilmektedir. Kuvvetli yer hareketi kayıtçıları tarafından elde edilen sinyallerdeki (ivme-zaman geçmişlerindeki) gürültülerinin arındırılması aşamasında farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bilindiği üzere bir depremde oluşan yer hareketine ait kayıtlarda bulunan gürültü, verinin yorumlanmasında bozucu etki yaratmaktadır. Genellikle veri işleme tekniği olarak Fourier analizi sıkça kullanılmakta iken, yakın tarihlerde yapılan çalışmalarda özellikle durağan olmayan sinyaller dikkate alındığında dalgacık yöntemi (wavelet transformation technique) de önerilen veri işleme teknikleri arasında yer kazanmıştır.

Sismik dalga kayıtları kullanılarak yapılabilecek çalışmalardan bazıları şu şekilde sıralanabilir:

Fan, G., ve Wallace, T.' ye göre (1991) , bölgedeki fayların kinematik ve dinamik özelliklerinin belirlenmesi, Cong, L., ve Mitchell, B.J.' ye göre (1998), yerel ve bölgesel ölçekte sönümlenme özelliklerinin belirlenmesi, Ammon, C. J.' ye göre (1991) deprem istasyonu altındaki kabuk yapısının belirlenmesi, Jimenez, E., Cara, M., ve Rouland, D.' ye göre (1989) yerel ve/veya bölgesel uzaklıklardaki depremlerin moment tensörlerinin çözümlenmesi şeklinde sıralanmıştır.

Diğer yandan Deprem Mühendisliği araştırma alanı deprem kayıtlarına birçok önemli alanda ihtiyaç duymaktadır. Günümüzdeki hesap yöntemlerinin önemli bir kısmı zaman tanım alanında doğrusal ve / veya doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile ilgili kısıtları içeren Deprem Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkında Yapılacak Yönetmelik (DBYBHY) FEMA ve taslak halinde olan İstanbul Yüksek Binalar

Deprem Yönetmeliği (İYBDY) bu konu hakkında gerekli standartları düzenlemektedir.

Bu çalışmada 23 Ekim ve 9 Kasım 2011 tarihlerinde Van’ da meydana gelen depremler sırasında hasar görmüş binanın analitik incelemesi yapılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde Türkiye’deki ve dünyadaki kuvvetli yer hareketi kayıt şebekelerinden ve kuvvetli yer hareketi parametreleri sınıflandırılarak tanımlamaları yapılmıştır. Üçüncü bölümde ise yapı sistemlerinin doğrusal olmayan davranış hesabı ve parametleri hakkında bilgi verilmiştir. Van depremine ait kayıtlar ve kayıtların işlenmesine dair bilgiler dördüncü kısımda verilmiştir. Beşinci bölümde Alaköy’de bulunan okul binası SAP 2000 programı yardımıyla çözülerek, 23 Ekim ve 9 Kasım 2011 tarihinde gerçekleşen depremlerin etkileri elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular sonuçlar bölümünde tartışmaya açılmıştır.

2. KUVVETLİ YER HAREKETLERİ VE KAYITÇILAR

2.1 Sismograf ve Sismik Ağ

Sismik dalgaların oluşturduğu yer titreşimlerini zamana bağlı olarak kaydeden cihaza sismograf denilmektedir. Bu aletle edinilen deprem kaydına ise sismogram adı verilmektedir.

Sismografin algılayıcısı olarak adlandırılan ve yer hareketinin yerdeğiştirme, hız, ivme bileşenlerini algılayan sismometre sismik dalgaların enerjisini elektrik voltajına dönüştürür.

1846 yılında Robert Mallet sismografi ilk tasarlamış, 1856 yılında ise Luigi Palmieri sismografi icat etmiştir. Luigi Palmieri'nin icadı sismograf, bir düzenek şeklinde tasarlanmıştır. Bu tasarıya göre, yer hareketi söz konusu olduğunda kâse içindeki civa, hareketin yönüne bağlı olarak başka bir kâsenin içine dökülmekteydi. Kâseyle temas gerçekleştiği anda, saat durdurularak kesin zaman saptanmaktaydı. Aynı zamanda, tambur üzerindeki kaydetme işlemi eş zamanlı olarak yapılmaktaydı. Bu prensiple çalışan ilk sismograf kaydını 1857'deki Naples depreminde almıştır (Ammon, C. J., 1991).

Yalnızca tarihsel önemi olan bir başka alette sismoskoplardır (seismoscop). Bunlar yalnızca yerin titreşiminin olduğunu belirtirler ve zaman bilgisini içermezler.

Sismik sinyaller çok büyük genlik ve geniş frekans aralığına sahip olabilirler. Sismik sinyaller laboratuvar model ölçümlerinde ele alınırken frekansı 10KHz ve daha fazla frekansa sahip sinyaller kullanılır. Bir karşılaştırma yapmak istenirse; endüstriyel patlayıcılarda kısa mesafelerde 100 Hz mertebesinde frekanslı sinyaller kaydedilmektedir. Bölgesel depremlerin oluşturduğu cisim dalgalarında 1 Hz ile birkaç 10Hz arasında değişen frekanslar gözlenmiştir. Uzak depremlerin cisim dalgaları genel olarak 1 ila 10Hz frekanslarına sahiptir. Okyanusal mikrosismik olayların frekansları da 1-10Hz arasındadır. Kabuk ve Üst Manto'da oluşan yüzey dalgaları 10-100s periyotlara sahiptir. Oysa uzun periyot Manto yüzey dalgaları genellikle 1000s ve daha büyük periyotludurlar. Büyük depremlerin oluşturduğu

yerin serbest salınımlarının periyotları 1 saat mertebesinde. Bu kadar geniş frekans aralığını inceleyen fiziğin bir başka dalı daha yoktur (Bolt, 1982).

Belli bir bölgede depreme dayanıklı yapı tasarlayan mühendisler, o yapının ekonomik ömrü boyunca karşılaşılabileceği en kuvvetli yer hareketinin ne olacağını önceden bilmek isterler. Depreme dayanıklı yapı tasarımında kullanılan taban kesme kuvvetinin iki önemli ögesinden biri, zemin yüzeyindeki yatay yer ivmesidir. Bu parametrenin sağlıklı olarak belirlenmesi, inşaat yerinde temel kayada beklenen maksimum yatay yer ivmesinin doğru bir şekilde tahmin edilmesine bağlıdır. Deprem dalgaları, odak bölgesinde dışarıya doğru yayılırken, içinden geçtiği jeolojik birimlerin özelliklerinden oldukça etkilenir ve uzaklığa bağlı olarak da sönümlenir. Yüzey jeolojisine, fay sistemlerine, topoğrafya etkisine göre sert ve yumuşak zeminlerde farklı pik ivme genlikleri oluşur. Bu farklılıklar, deprem bölgesinde ivmeölçerler dizinleri varsa belirgin olarak gözlenebilir (Çeken, Ulubey).

Sismograflar kullanılarak belirlenen yer titreşimlerinin belli bir disiplin içerisinde tespit edilebilmesi amacıyla sismik ağlar kullanılır. Bir sismik ağ, yer yüzeyinde belirli bir alan içerisine yerleştirilmiş sismograflar grubudur.

Sismik ağların kuruluş amaçları şu şekilde sıralanabilir:

- 1- Gelen dalganın yönünü ve görünür hızını elde etmek.
- 2- Sinyal ve gürültü arasındaki dalga yayılım özelliklerindeki farklılığa bağlı olarak sinyal iyileştirilmesine olanak sağlamak (Boorea ve Bommerb).
- 3- Bir ağ boyunca yayılan dalganın özelliklerini ayrıntılı olarak incelemek.
- 4- Yeryuvarının ve/veya ülkenin deprem aktivitesini izlemek.
- 5- Yer yapısı veya depremin kaynağını incelemek.

1,2, 3 ve 4 maddelerindeki nedenlerden ötürü kurulan sismik ağlarda yerleşim şekli olarak; sismograflar, sismograflar arasında bir sinyalin dalga şeklini ilişkilendirebilecek kadar yakınlıkta yerleştirilir. Bu şekilde oluşturulan sismik ağlara sismik dizin veya sismograf dizini (seismic array) denilmektedir. Dünyada ve Türkiye’de bu tip sismograf dizinleri bulunmaktadır. Dünyada sismograf dizinleri gruplandırılırken açılımlarına göre sınıflandırılmıştır. Dünyadaki sismograf dizinlerine örnek olarak geniş açılımlı sismik dizin, Norveç sismik dizini ve

depremlerin önceden tespit edilmesi amacıyla kurulan Matsushiro sismik dizinler verilebilir. Bu sismik dizinler kısaca şöyle açıklanabilir:

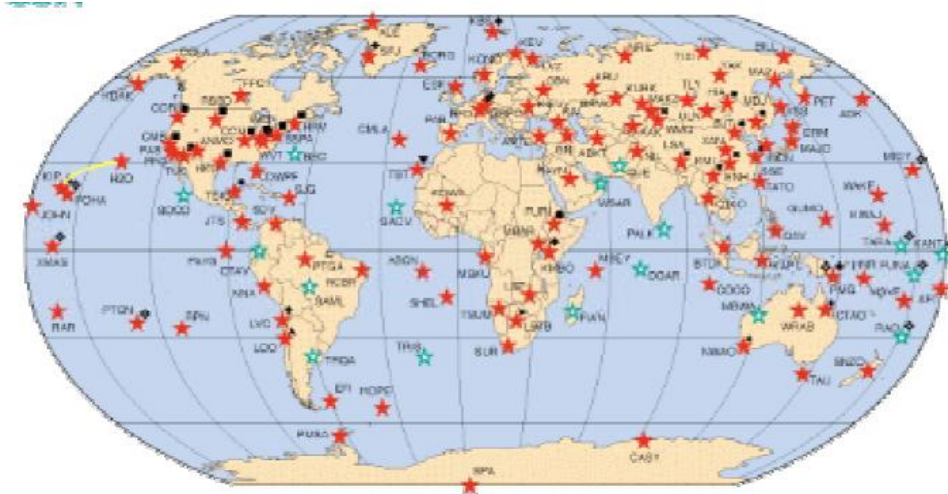
Geniş açılımlı sismik dizin (Large Aperture Seismic Array) (LASA); Montana, USA: 200 km yarıçaplı bir alan içerisine yerleştirilen 21 alt ağdan oluşur. Her bir alt ağ 7 km yarıçaplı bir alan içerisine yerleştirilen 25 sismograftan oluşmaktadır.

Norveç sismik dizini (Norwegian Seismic Array) (NORSAR): Yaklaşık 110 km yarıçaplı bir alan içerisine yerleştirilen 22 alt ağdan oluşur. Her bir alt ağ yaklaşık 8 km yarıçaplı alan içerisine yerleştirilen, bir adet 3 bileşen uzun periyot ve 6 adet düşey bileşen kısa periyot sismograftan oluşur. Bu ağın kuruluş amacı eski Sovyetler Birliği'ndeki nükleer patlatmaların belirlenebilmesi doğrultusundadır.

Matsushiro, Japonya: Depremlerin önceden belirlenmesine yönelik bir çalışma için kurulmuş bir sismograf ağıdır. Orta Japonya'ya yerleştirilmiştir. Matsushiro'da Japon Meteoroloji Ajansı (Japan Meteorological Agency- JMA) tarafından işletilmektedir.

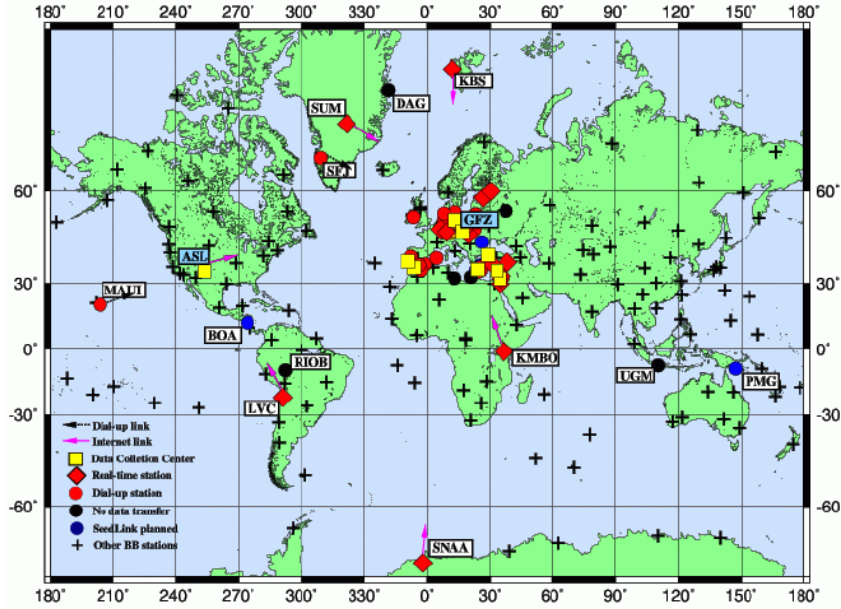
Dünyadaki sismograf ağlarına örnekler:

1. GSN (Global Seismographic Network): Amerika Birleşik Devletlerine ait dünya çapında bir sismograf ağıdır. Bu ağa bağlı istasyonların Yeryuvarı üzerindeki konumları Şekil 2.1 de verilmiştir.



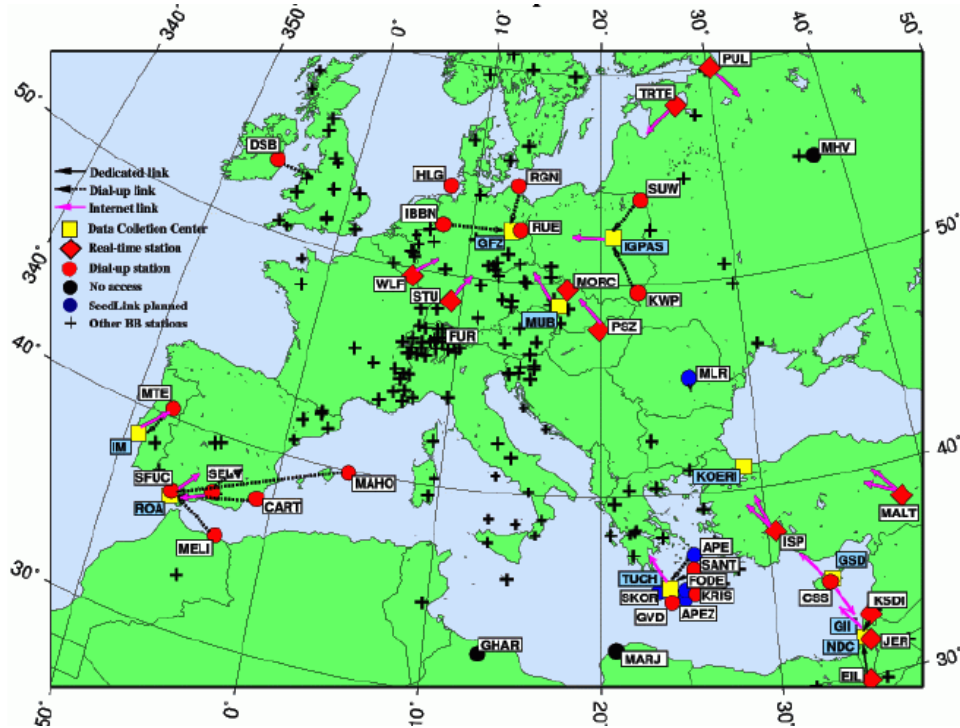
Şekil 2.1 : Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma (USGS-United States Geological Survey) Kurumu ve bununla işbirliği içerisindeki diğer sismograf ağlarına ait istasyonların Yeryuvarı üzerindeki konumları.

2. GEOFON (German Global Network): Almanların oluşturdukları dünya çapında bir sismograf ağıdır. şekil 2.2’ de sismograf noktaları görülmektedir.



şekil 2.2 : Almanlar tarafından oluşturulan sismograf ağı.

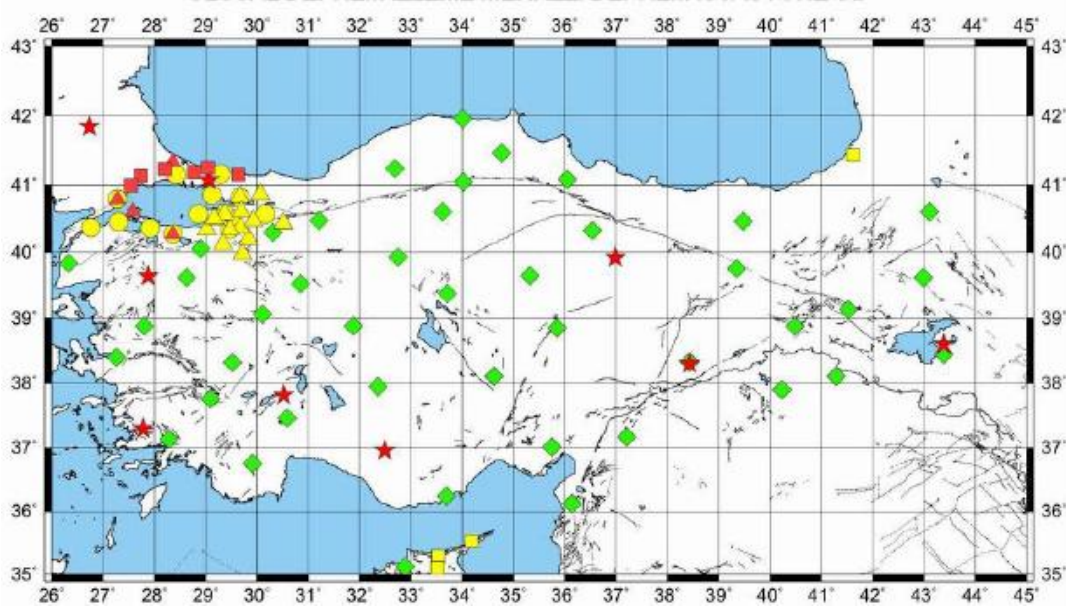
3. GEOSCOPE (French Global Network): Fransızların oluşturdukları dünya çapında bir sismograf ağıdır. Özellikle Avrupa ve Akdeniz de yer alan istasyonlar şekil 2.3’ de görülmektedir.



şekil 2.3 : Avrupa ve Akdeniz’ de yer alan istasyonlar.

Türkiye’de kurulu olan diğer aktif sismik ağılar:

- Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Sismik Ağı: Kuruluşu 1868 yılına dayanır. Başlangıçta meteorolojik ve astronomik gözlemler yapmak amacıyla kurulan ağ 1909 yılında kapatılmış ve 1911 yılında yine meteorolojik gözlem amaçlı olarak açılmıştır. 1940 yılından sonra Kandilli Rasathanesi, astronomi ve jeofizik adını almıştır.



Şekil 2.5 : Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Sismograf Ağları

Bu ağ tarafından ilk deprem kaydı 1926 yılında alınmıştır. Sonrasında rasathane 1982 yılında Boğaziçi Üniversitesi’ne bağlanmıştır.

Ülkemizin sismik aktivitesinin gözlenmesi ile görevli iki kuruluştan birisidir. Bu amaçla tüm Türkiye’ye yayılmış çok sayıda sismograf istasyonundan oluşan büyük bir ağa sahiptir. Bunun yanı sıra değişik projelere yönelik alt ağları ve çevre ülkelerin şebekeleri ile anlaşmaları vardır.

- Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Sismik Ağı:
- Türkiye Bilimsel Araştırma Kurumu - Marmara Araştırma Merkezi: TÜBİTAK-MAM ülkemizde çok sayıda sayısal sismograf bulunduran kurumların başında gelmektedir. Projeler kapsamında geçici sismograf ağları çalıştırmaktadır.

- Kocaeli Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Araştırma Merkezi (YUBAM) sismik ağı: Araştırma projeleri kapsamında sismograf dizinleri oluşturularak veri toplanması amaçlanmaktadır. Mevcut sismograf ağı Kocaeli ve çevresinin sismik aktivitesini izlemek amacı ile yerleştirilmiştir. Toplam 11 istasyondan oluşacak bu yerel ağın günümüzde 6 istasyonu çalışır durumdadır.

2.3 İvme Kaydı

Bir deprem sırasında kaydedilen yer ivmesine ivme kaydı (accelerogram) denir. İvme ölçerler (accelerometer) ise, deprem anında yer hareketinin ivmesini kaydeden cihazlardır. Ayrıca kuvvetli yer hareketi sismografı olarak da adlandırılırlar. Aletin ölçtüğü değerin birimi cm/s^2 (gal) dir. Yerçekimi ivmesinin ($g=981 \text{ cm/s}^2$) kesri olarak kayıt alırlar. Depremin ivmesi, deprem anında zeminin ne kadar miktarda ve ne hızla sarsıldığının bir ölçüsüdür. Binaların üzerinde sabit durduğu zemin, deprem dalgaları tarafından harekete geçirilmektedir. Yapılar, zeminden ayrı bir kütleyle sahip olduğu için zeminin hareketine direnmekte ve sonuçta bina içinde yer hareketine ters yönde atalet (cisimlerin harekete karşı direnci) kuvvetleri oluşmaktadır (Url-1).

Depremlerde kaydedilen yer ivmesinin zaman içindeki değişimleri bir anlamda, yapının etkisi altında kaldığı deprem yükünün zaman içindeki değişimine karşılık gelecektir. Çünkü yapının kütlesi ile bu ivmenin çarpımı bu yükü verecektir.

Depremlerden elde edilen çok sayıda gerçek ivme kaydının yer aldığı veri tabanlarının kolay ulaşılabilir hale gelmesi, analiz için gerçek ivme kayıtlarının daha fazla tercih edilmesine sebep olmaktadır. Veri tabanlarında yer alan kayıtların elde edildiği depremlerin büyüklüğü, fay tipi ve ivme kayıtlarının elde edildiği kayıt istasyonlarının yerel zemin özellikleri, deprem kaynağından uzaklıkları, kaydın spektral içeriği gibi özellikler büyük değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla, belirli bir bölgedeki deprem tehlikesini temsil edecek şekilde ivme kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi önemlidir. İvme kayıtlarının etkin ve uygun bir şekilde seçilmesi deprem mühendisliğinin önemli çalışma konuları arasındadır. Modern deprem yönetmeliklerinde, dikkate alınan periyot aralığında bölgesel tasarım ivme spektrumları ile uyumlu olacak şekilde ivme kayıtlarının seçilmesi ve

ölçeklendirilmesi ile ilgili tanımlamalar yer almaktadır (Eurocode-8, TC250 SCS, 2003).

2.3.1 İvme kayıtlarının seçimi için DBYBHY' te tanımlanan kriterler

DBYBHY Madde 2.9'a göre "*Bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için*" daha önce kaydedilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir. Ancak seçilen ivme kayıtlarının Madde 2.9.1'de belirtilen ve aşağıda verilen koşulları sağlaması gerekmektedir:

- Kuvvetli yer hareketinin süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
- Kullanılacak olan deprem yer hareketlerinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_0g 'den daha küçük olmayacaktır.
- Kullanılacak her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, binanın göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci periyodu T 'ye göre $0.2T$ ile $2.0T$ aralığında, DBYBHY'te tanımlanmış olan elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır.
- Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda analiz sonuçlarının maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise analiz sonuçlarının ortalaması tasarım için esas alınacaktır (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007).

DBYBHY'e göre, zaman tanım alanında analiz için en az üç adet yer hareketinin kullanılması ve bunlar etkisinde gerçekleştirilen yapılsa çözümleme sonuçlarından en elverişsiz değerlerin seçilmesi zorunlu kılınmıştır. Diğer yandan en az 7 ivme kaydı kullanılması durumunda ise, analiz sonuçlarının ortalaması kullanılabilir.

2.4 Gürültü ve Etkileri

Yerkürede ve yeryüzeyinde devamlı olarak bir hareket söz konusudur. İnsanların çeşitli aktivitelerinden (trafik, inşaat çalışmaları, endüstri, vb) oluşan gürültüler kültürel gürültü (cultural noise) olarak adlandırılır ve genellikle hakim frekansları

1Hz'in üzerindedir. Küçük su havzaları, nehirler, yağış ve rüzgar hareketleri tarafından da benzer tipte gürültüler oluşturulur. Katı yeryuvarı, okyanuslar ve atmosfer arasındaki etkileşimden oluşan gürültüler mikrosismik gürültü (microseismic noise) veya bazen okyanusal mikroseizim (ocean microseisms) olarak adlandırılır. Mikrosismik gürültünün hâkim periyodu, geniş bir düşük frekans (0,01Hz den 0,50 Hz'e kadar) aralığını kapsar, (periyot olarak 2-100s). Çok genel mikrosismik gürültü, yaklaşık 6s civarında sabit bir periyoda sahiptir.

Kültürel gürültüler, genellikle, episantr uzaklıkları birkaç 10km'yi geçmeyen standart aletlerle kaydedilirler ve dolayısıyla yerel olarak önem taşırlar. Diğer taraftan, mikroseizimler birkaç 100 km'lik episantr uzaklıklarına kadar yayılabilirler ve bu yüzden kıtasal olaylar olarak kabul edilebilirler. Bazen, okyanusa komşu bölgelerdeki fırtınalı hava koşullarına bağlı olarak birkaç saatten, birkaç gün veya haftaya kadar sürebilir. Okyanusal mikroseizimlerin genlik seviyesi ve hâkim periyotları mevsimlere göre önemli değişiklikler gösterir.

Farklı türdeki kaynaklar, farklı türde gürültülere neden olduklarından, bu gürültülerin genel özelliklerinin listelenmesi oldukça zordur. Genel anlamda, kültürel gürültü, nispeten yüksek frekans içeriği nedeniyle yakın olayların (episantr uzaklığı yaklaşık 1000 km'den daha küçük) kayıtlarını etkiler. Diğer taraftan, mikroseizimler, uzak olayların kayıtlarını karıştırır ve yorum yapılmasını zorlaştırır, hatta bazen imkânsızlaştırırlar.

Gürültülü işaret için düşünülen model aşağıdaki formdadır. Burada n zamanı, eşit aralıklara ayrıştırılmış olup, $s(n)$ içinde gürültü barındıran toplam sinyali,

$$s(n) = f(n) + \sigma.e(n) \quad (2.1)$$

Gürültü süzme işlemi, üç aşamadan oluşur.

1. Ayırıştırma : N . seviyeden bir dalgacık seçilir ve N seviyesinde s işaretinin dalgacık ayrışımı hesaplanır.
2. Ayrıntı katsayıları için eşik değerini belirleme (eşikleme) : 1'den N 'e kadar olan her bir seviye için bir eşik değeri seçilir ve ayrıntı katsayılarına uygulanır.

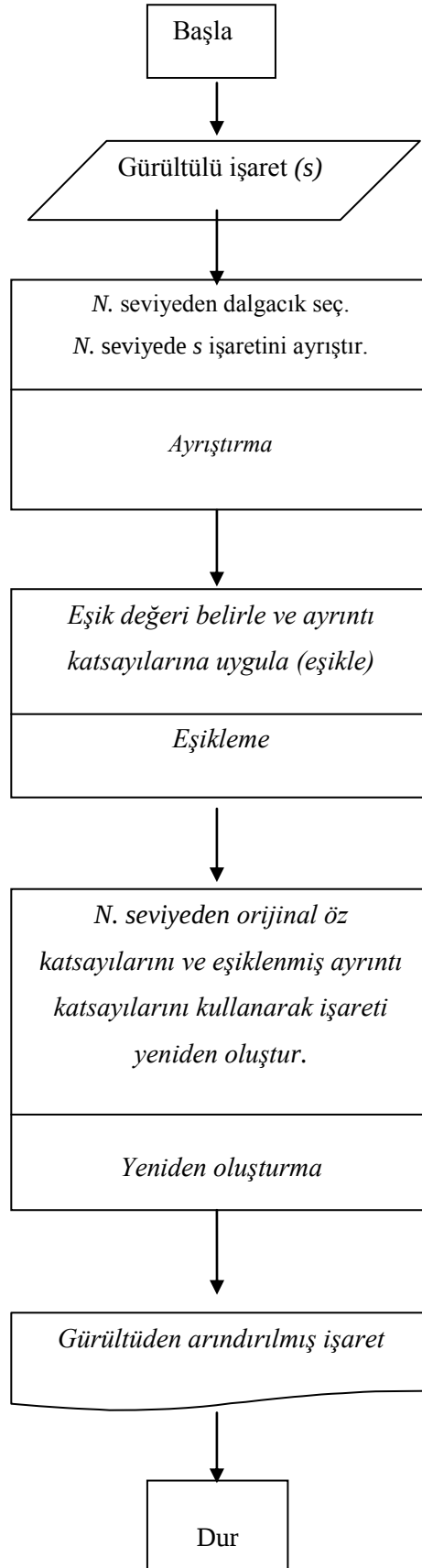
3. Yeniden oluşturma : N seviyesinin orijinal öz katsayıları ve 1'den N 'ye kadar hesaplanan değiştirilmiş ayrıntı katsayıları kullanılarak işaret tekrar oluşturulur.

Burada eşik değerinin nasıl seçileceğinin ve bu değerin performansının nasıl olacağının belirlenmesi önemli bir noktadır. Sert eşik değeri belirleme, en basit yöntemdir. Yumuşak eşik değeri belirleme ise bir dizi matematiksel özelliklere sahiptir ve bununla teoriye uygun sonuçlar elde etmek mümkündür. T eşikleme noktası olmak üzere, $f(x)$ işareti için eğer

$$\left. \begin{array}{l} |x| > t \rightarrow f(x) = x \\ |x| \leq t \rightarrow f(x) = 0 \end{array} \right\} \text{Eşikleme sert ise} \quad (2.2)$$

$$\left. \begin{array}{l} |x| > t \rightarrow f(x) = \text{sgn}(x)(|x| - t) \\ |x| \leq t \rightarrow f(x) = 0 \end{array} \right\} \text{Eşikleme yumuşak ise} \quad (2.3)$$

Gürültü süzmesini gerçekleştirecek olan yazılımın akış diyagramı şekil 2.6'da verilmektedir. Eşiklemenin yumuşak ve sert geçişli olmasına bağlı olarak iki farklı ifade bulunmaktadır.



Şekil 2.6 : Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Sismograf Ağları

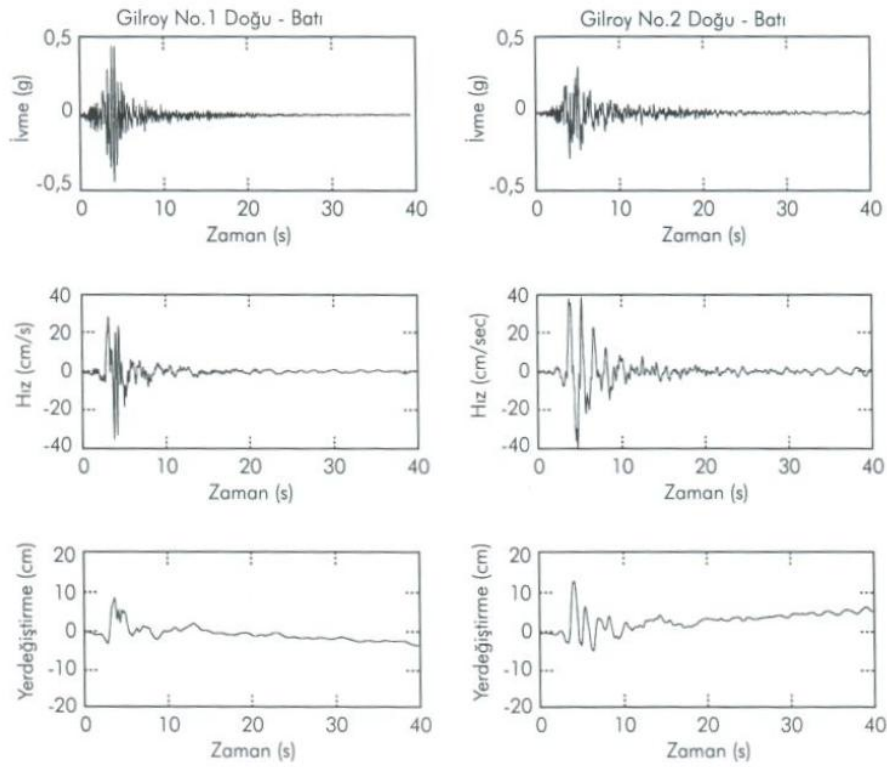
2.5 Yer Hareketi Parametreleri

2.5.1 Genlik parametreleri

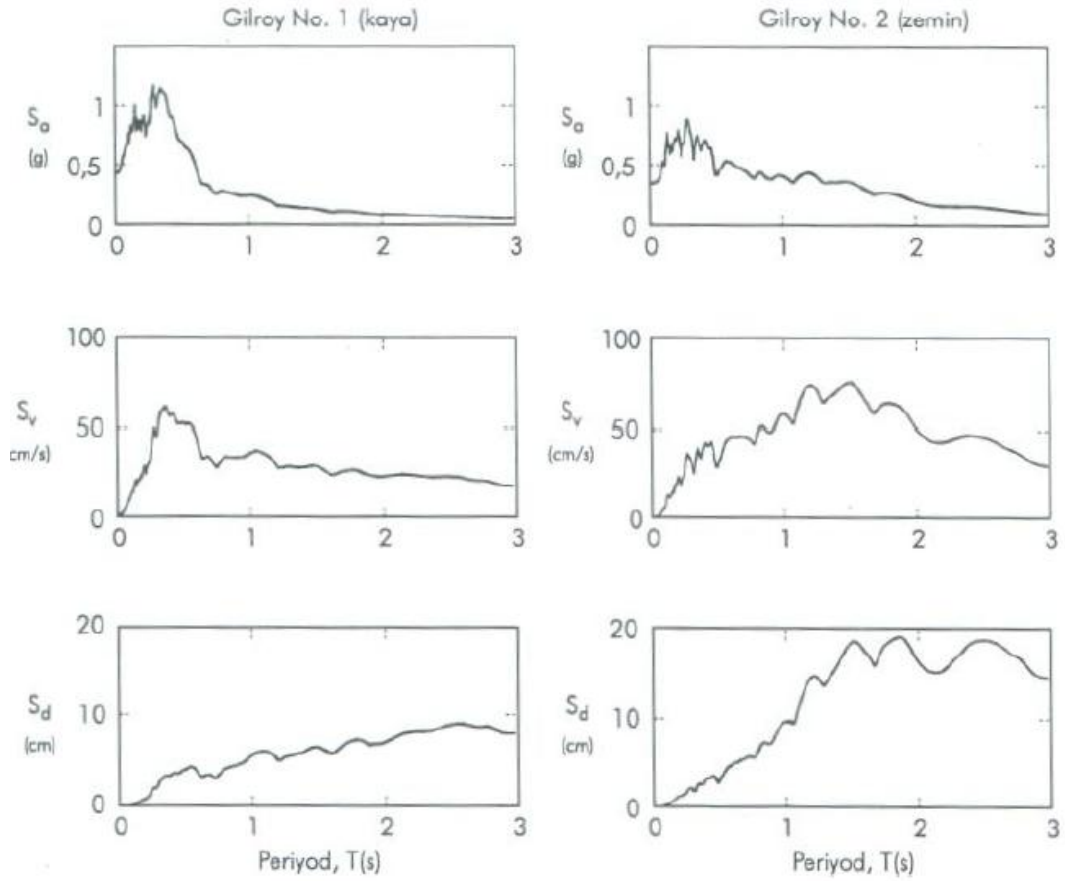
Yer hareketleri en genel şekilde zaman eksenine üzerine işaretlemiş bağı grafikler ile tanımlanır. Genlik parametreleri ise Şekil 2.7de görüldüğü gibi ivme, hız ve yerdeğiştirme olabilir.

Yer hareketine dair ivme değerleri ölçüldüğünde hız ve yerdeğiştirmenin zamana bağlı değişimleri sayısal integrasyon ile belirlenebilir. Şekil 2.7de de görüldüğü gibi integrasyon frekans ortamında düzleşme ve filtre etkisi gösterir.

Şekil 2.8’deki doğu-batı bileşenli kayıtlara ait davranış spektrumları incelendiğinde; kayadaki Gilroy No.1 kaydında ivme değerleri daha yüksek iken, zemindeki Gilroy No.2 kaydı için hız ve yerdeğiştirme değerleri daha yüksektir.



Şekil 2.7 : 1989 Loma Prieta depremi, Gilroy kayıtları.



Şekil 2.8 : 1989 Loma Priete depremi, Gilroy spektrum grafikleri.

2.5.1.1 Pik ivme / hız / yerdeğiştirme

Belirli bir yer hareketinin genliğini belirlemede en yaygın ölçü olarak pik (en büyük) yatay ivme (PHA) alınmaktadır. Bir hareket bileşeni için PHA, çok basit olarak o bileşenin akselerogramından elde edilen yatay ivme değerinin mutlak değerce en büyüğüdür. İki ortogonal bileşenin vektör toplamını alarak maksimum PHA bileşkesi elde edilebilir.

2.5.1.2 Efektif ivme

Newmark efektif ivme kavramını şu şekilde tanımlamıştır: *"Yapısal tepki ve bir depremin potansiyel hasarı ile yakından ilişkili olan ivmedir. Açık alan yer ivmesinden farklıdır ve ondan daha küçüktür. Yüklenen alanın boyutunun, hareketin (deprem kaynağına yakınlıkla ilişkili olan) frekans içeriğinin ve yapının ağırlığının, gömülme derecesinin, sönümleme özelliklerinin, rijitlik özelliğinin ve temelinin bir fonksiyonudur."*

Bu kavram en az iki araştırmacı tarafından ve farklı tanımlamalarla öne sürülmüştür. Yüksek frekanslı büyük ivme pulsları çoğu yapılarda küçük bir tepkiye neden olduğundan, Benjamin and Associates (1988) 8 ~ 9 Hz'den yukarı ivmeleri filtrelemek suretiyle geriye kalan pik ivmeden tanımlanan efektif tasarım ivmesini öne sürmüştür. Kennedy (1980) efektif tasarım ivmesi olarak, zamana bağlı değişimin filitrelenmesinden elde edilen üçüncü en büyük (mutlak) pik ivmenin %25 fazlasının alınmasını önermiştir.

2.5.1.3 Etkin ivme

Etkin ivme, %5 sönüm oranı için hesaplanan hız spektrumu altında kalan alanın %90'ını verecek şekilde üstten ve alttan kesilen deprem kaydının maksimum ivmesidir.

2.5.2 Frekans içeriği

Depremler, hareket bileşenleri geniş bir frekans aralığında dağılım gösteren karmaşık yükleme şartları üretir. Frekans içeriği, bir yer hareketi genliğinin değişik frekanslar arasında nasıl dağıldığını tanımlamaktadır. Bir deprem hareketinin frekans içeriğinin hareketin etkilerine katkısı çok büyük olduğundan, hareketin özelliklerinin tanımlanması onun frekans içeriğini dikkate almadan tanımlanmış sayılmaz.

2.5.2.1 Fourier dönüşümü ve spektrumu

Dönüşüm, ilk olarak tanım kümesi zaman olan bir fonksiyonu, tanım kümesi frekans olan bir fonksiyona çevirerek çalışır ve bu ortamda sinyalin frekans içeriğini inceler. Çünkü dönüştürülen fonksiyonun Fourier katsayıları, her frekans değerinde sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının her birinin katkısını temsil eder. Ters Fourier dönüşümü de, verinin frekans tanım kümesinden zaman tanım kümesine dönüştürülmesini gerçekleştirir. Fourier, periyodu 2π olan herhangi bir $f(x)$ fonksiyonunun, o fonksiyonun Fourier serisi denilen,

$$a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos kx + b_k \sin kx \quad (2.4)$$

toplamı ile temsil edilebilir. Buradaki a_0 , a_k ve b_k katsayıları sırasıyla

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(x) dx \quad (2.5)$$

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos(kx) dx \quad (2.6)$$

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin(kx) dx \quad (2.7)$$

formülleri ile hesaplanır.

Fourier serilerindeki üstel fonksiyonlar, zaman boyutunda tam desteğe sahip olmamakta ve sonsuza gitmektedir. Bu durağan işaretlerin analizi için sorun oluşturmazken, dinamik işaretler için sorun teşkil etmekte ve yetersiz kalmaktadır. Başka bir söylemle Fourier gösterimi; işaretteki spektrum bileşenlerini göstermekte ve bu bileşenlerin zaman bilgisini içermemektedir.

Fourier genliği ile frekans değişimini gösteren ilişkiye Fourier Genlik Spektrumu;

$\Phi_n - \omega_n$ ilişkisini gösteren grafiğe Fourier Faz Spektrumu denir.

Φ_n : Faz açısı

ω_n : Açısal frekans

Fourier Genlik Spektrumu zaman geçmişinin içerdiği frekans bileşenlerinin ortaya çıkarılması sağlar. Zaman ortamından frekans ortamına dönüşümü sağlar.

Deprem dalgasının hangi frekans bileşenlerini içerdiğini, hangi bileşenin genliğinin büyük olduğunu göstermek bakımından, o deprem dalgasının yapılara yapacağı etkinin kestirilmesinde yararlı olabilir.

2.5.2.2 Davranış (response) spektrumu

Davranış spektrumları tek serbestlik dereceli bir sistemin belirli bir yer hareketi altındaki davranışının, sistemin sönüm oranı ve doğal periyodunun bir fonksiyonu olarak gösterimidir. Davranış spektrumu yer hareketi karakteristiklerini dolaylı bir şekilde yansıtır çünkü, davranış tek serbestlik dereceli bir yapı tarafından filtrelendir.

Fourier Spektrum ve Güç Spektrumu (Power Spectrum) doğrudan hareketin kendi frekans içeriğini yansıtır. Ancak davranış spektrumu, yer hareketinin farklı doğal periyotlardaki yapılar üzerindeki etkisini yansıtır. Başka bir deyişle davranış spektrumu, çok sayıda farklı yapının maksimum davranışını göstermektedir.

Şekil 2.8deki iki hareketinin frekans içerikleri, davranış spektrumları ile gösterilmektedir. Örneğin kayadaki harekette zemindekine kıyasla; düşük periyotlarda yüksek spektral ivmeler ve yüksek periyotlarda ise daha düşük spektral

ivmeler görülmektedir. Zemindeki büyük periyotlardaki hareketin içeriği, kayadakine göre daha yüksek spektral hız ve yerdeğiştirmeler üretmektedir.

2.5.3 Mühendislik şiddetleri

Bir depremin büyüklüğünü belirlerken, manyitüdünün yanı sıra kuvvetli yer hareketi kayıtlarından elde edilen mühendislik şiddetlerine dayalı parametreler de önem kazanmaktadır.

2.5.3.1 Yer hareketinin karakteristiklerine bağlı olan mühendislik şiddetleri

i) I_{RS} Şiddeti: İvmelerin karesinin karekökünün integrali

ii) I_{RMS} Şiddeti: İvmelerin karesinin ortalamasının karekökünün integrali

iii) t_{eff} : Etkin süre

I_{RS} Şiddeti: $a(t)$ parametresi ivmeyi ve t_d parametresi deprem kaydının süresini göstermek üzere şu ifade yazılabilir: (Birimi→cm/s^{3/2})

$$I_{RS} = \sqrt{\int_0^{t_d} a^2(t) dt} \quad (2.8)$$

I_{RMS} Şiddeti: Benzer değişkenler kullanılmak suretiyle aşağıdaki ifade yazılabilir: (Birimi→cm/s²)

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{t_d} \int_0^{t_d} a^2(t) dt} = \frac{1}{\sqrt{t_d}} I_{RS} \quad (2.9)$$

t_{eff} Şiddeti: Etkili süre, aşağıda ifade edildiği biçimde elde edilen Arias Şiddeti eğrisinde %5 ve %95'e karşı gelen değerlerin farkı olarak hesaplanabilir: (Birimi→saniye)

$$AI = 100x \frac{\int_0^t a^2(t) dt}{\int_0^{t_d} a^2(t) dt} \quad (2.10)$$

2.5.3.2 Yapının deterministik özelliklerine ve yer hareketinin rastgeleliğine bağlı olan mühendislik şiddetleri

i) a_{eff} : Etkin İvme

i i) $SI_{0.20}$: Housner Şiddeti

i i i) I_{EAP} : Deprem Hücüm Gücü (**Hasgür, 1991**)

a_{eff} Şiddeti: Etkin ivme, %5 sönüm oranı için hesaplanan hız spektrumu altında kalan alanın %90'ını verecek şekilde üstten ve alttan kesilen deprem kaydının maksimum ivmesidir: (Birimi→ivme birimi; cm/s²)

$SI_{0.20}$ Şiddeti: Housner Şiddeti, depremde açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olup, deprem kaydına ait %20 sönüm oranı için elde edilen hız spektrumunun alanıdır: (Birimi→yerdeğiştirme birimi; cm)

$$SI_{0.20} = \int_{0.1}^{2.5} S_v(0.2; T) dT \quad (2.11)$$

I_{EAP} Şiddeti: Deprem Hücüm Gücü, etkili süreyi, etkili ivmeyi ve Housner Şiddetini aşağıdaki ifadedeki gibi birleştiren bir büyüklük olup, ifadede yer alan 2.4 katsayısı Housner Şiddetindeki periyot aralığını temsil etmektedir: (Birimsiz)

$$I_{EAP} = \frac{a_{eff} x t_{eff}}{\frac{SI_{0.20}}{2.4}} \quad (2.12)$$

3. YAPI SİSTEMLERİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN TEORİYE GÖRE HESABI

3.1 Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Davranışı

Uygulamada sıkça kullanılan doğrusal olmayan davranış yöntemleri yapı sistemleri hakkında daha gerçekçi yaklaşımlar elde etmek açısından faydalı olmaktadır. Doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile performans kavramı da önem kazanmaktadır. Performansı belirlenen bir yapıda kesitlerin yetersizliğine bakılarak, gerekli görüldüğü durumlarda güçlendirme yoluna gidilerek deprem etkisinden kaynaklanan zarar en aza indirgenmeye çalışılır. DBYBHY 2007 Bölüm 7’de belirtilen performans kavramı, mevcut binaların değerlendirilmesi açısından önemli yön gösterici bir gelişme olmuştur. DBYBHY 2007 Bölüm 7’de mevcut binaların performansının değerlendirilmesinde “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi” ve “Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi” olmak üzere iki ayrı hesap yöntemi tanımlanmaktadır.

Hesap yöntemleri birkaç cümle ile ifade edilmek istenirse; doğrusal elastik hesap yöntemleri kuvvet esaslıdır. Yapıya etkitilen deprem kuvvetlerinin yapısal elemanlar tarafından karşılanıp karşılanmadığını irdelenmektedir. Doğrusal elastik hesap yöntemi, yaklaşık bir yöntem olmakla beraber yapının elastik ötesi davranışlarını tam anlamıyla irdileyemediği için deprem esasında oluşması muhtemel hasarların büyüklük ve tipleri hakkında verdiği bilgi kısıtlı olmaktadır. İkinci hesap yöntemi olan doğrusal elastik olmayan hesap yönteminde ise, yer değiştirme ve şekil değiştirme esas alınır. Bu yöntemde, yapıdaki elastik ötesi davranış da göz önüne alındığından yaklaşım daha gerçekçi olmaktadır. Doğrusal elastik olmayan hesap yönteminde, yapının depremde ne kadar elastik ötesi şekil değiştirme yapacağı araştırılarak bu elastik ötesi şekil değiştirmenin yapısal eleman plastik şekil değiştirme kapasitesi tarafından karşılanıp karşılanmayacağını tahkik eder.

Doğrusal yaklaşımla yapılan hesaplarda, doğrusal olmayan davranışlar belirli yöntemlerle hesaba entegre edilmektedir. İkinci mertebe etkileri, yapı sisteminin

doğrusal olmayan şekildeğiştirmeleri nedeniyle iç kuvvet dağılımının değişmesi, moment büyütme yöntemi gibi yöntemler bu hesapları yapmakta kullanılmaktadır.

3.2 Yapı Sistemi Çözümünün Sağlaması Gereken Koşullar

Bir yapı sisteminin dış etkiler altında analizi ile elde edilen iç kuvvetler, şekildeğiştirmeler ve yerdeğiştirmelerin çözüm olabilmeleri için aşağıdaki üç koşulu birlikte sağlamaları gerekmektedir (Çakıroğlu ve Özden, 1998)

Bünye denklemleri : Malzemenin cinsine ve özelliklerine bağlı olan gerilme şekildeğiştirme ve iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntılarına bünye denklemleri denilmektedir.

1. Denge koşulları (denklemleri) : Sistemi oluşturan elemanların ve bu elemanların birleştiği düğüm noktalarının denge denklemlerinden oluşmaktadır.
2. Geometrik uygunluk koşulları: Elemanların ve düğüm noktalarının geometrik süreklilik denklemleri ile mesetlerdeki geometrik sınır koşullarıdır.

3.3 Doğrusal Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi

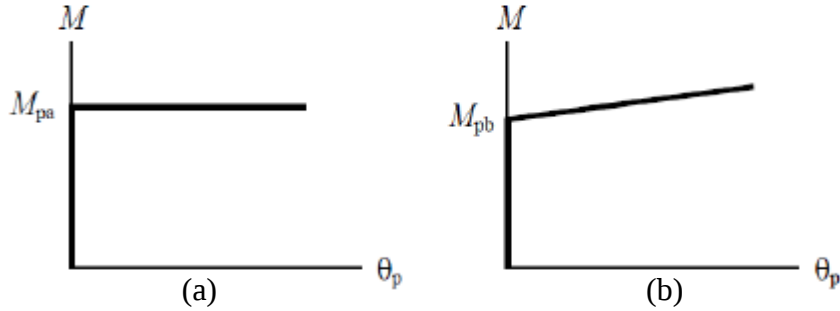
Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, DBYBHY 2007 Bölüm 7.6.4'e göre yapısal elemanlar için bazı kabullerin yapılması gereklidir .

a) Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, literatürde geçerliliği kanıtlanmış modeller kullanılabilir. Ancak, mühendislik uygulamalarındaki yaygınlığı ve pratikliği nedeni ile aşağıdaki kısımlarda doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Basit eğilme durumunda plastik mafsallı hipotezi'ne karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Plastik mafsallı boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesi'nin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınacaktır ($L_p = 0,5 h$).

b) Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekil değiştirme yapan elemanların plastik Şekil değiştirme uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınacaktır. Plastik

mafsallar, kolon ve kirişlerin uçlarına, perdelerde ise her katta kat tabanına yerleştirilir.

c) Plastik kesitlerin iç kuvvet-şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentinin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir. Pekleşme etkisinin terk edildiği durum şekil 3.1(a)' da gösterilmiştir. Pekleşme etkisinin göz önüne alındığı durum şekil 3.1(b)' de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Pekleşme etkisine göre moment-plastik dönme grafikleri.

d) Hem aksenal kuvvet hem de eğilme momentleri etkisi altındaki betonarme kesitlerin akma yüzeylerinin tanımlanmasında beton ve donatının mevcut dayanımları kullanılır ve eğrisel değişimin düzlemsel bir şekilde idealleştirilmesi kabul edilebilir.

e) Betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi 0,003, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi 0,01 alınabilir.

f) Eğilme etkisindeki betonarme yapısal elemanlarda, çatlamış kesitlere ait eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılmalıdır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır.

$$\text{Kirişlerde,} \quad (EI)_e = 0.40 (EI)_0 \quad (3.1)$$

$$\text{Kolon ve Perdelerde } N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0.10 \text{ ise } (EI)_e = 0.40 (EI)_0 \quad (3.2)$$

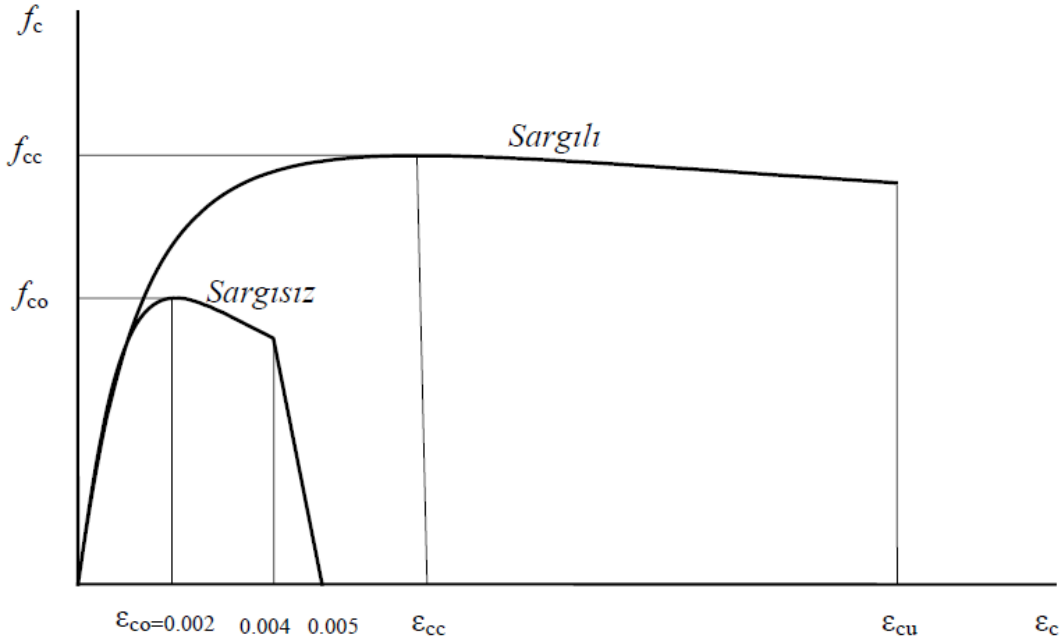
$$\text{Kolon ve Perdelerde } N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0.40 \text{ ise } (EI)_e = 0.80 (EI)_0 \quad (3.3)$$

Yapıdaki kesitlerdeki normal kuvvet değerleri deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_0$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenerek, doğrusal enterpolasyon yaparak çatlamış keside ait eğilme rijitliği değerleri belirlenir.

3.4 Yapı Malzemelerinin Gerilme-Şekildeğiştirme Bağlılıları

3.4.1 Sargılı ve sargısız beton modelleri

DBYBHY 2007 Ek 7.B'e göre sargılı ve sargısız beton modelleri için şekil değiştirme ve gerilme değerleri şekil 3.2' de verilmiştir (Ammon, 1991).



Şekil 3.2 : Sargılı ve sargısız beton malzemesinin gerilme-şekil değiştirme bağlılıları.

Şekil 3.3' de verilen sargılı ve sargısız beton malzemesinin gerilme-şekil değiştirme grafiğine göre, ϵ_{co} , ϵ_{cc} , ϵ_{cu} , f_{co} , f_{cc} , sırasıyla sargısız betonun taşıyabileceği en büyük basınç gerilmesi anındaki şekil değiştirme, sargılı betonun taşıyabileceği en büyük basınç gerilmesi anındaki şekil değiştirme, sargılı betondaki en büyük basınç birim şekil değiştirmesi, sargısız betonun basınç dayanımı, sargılı betonun basınç dayanımı tanımlarına karşılık gelmektedir. Sargılı betonarme bir kesitte beton malzemesinin aktığı andan itibaren göçme durumuna geldiği ana kadar yapabildiği şekil değiştirme değerleri, sargısız beton modeli şekil değiştirme değerlerine göre daha büyüktür.

$$E_c = 14000 + 3250 f_{ck} (N/mm^2) \quad (3.4)$$

formülü ile hesaplanabilen beton elastisite modülünü göstermektedir (TS500, 2000).

Betonun ezilerek kırılmasına neden olan ϵ_{cu} birim kısalması sargısız betonda yaklaşık olarak 0.003-0.0035 mertebelerinde iken, sargılı betonda sargı donatısı (etriye) miktarına bağlı olarak önemli oranda artabilmektedir.

Son yıllarda, yapı sistemlerinin doğrusal olmayan analizlerinde, beton sargı etkisinin dikkate alınması için çeşitli modeller kullanılmaktadır. Bunların arasında en yaygın olarak kullanılan modeller, Geliştirilmiş Kent-Park, Mander ve Saatçioğlu-Ravzi modelleridir.

Bu üç modelde de, betonarme elemanlarda sargı etkisi için yükleme ve boşaltma histeretik eğrilerini içeren çeşitli gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları önerilmiştir ve bu malzeme modelleri yapıların deprem etkileri altındaki analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Özmen ve Bilgin, 2007).

2007 Türk Deprem Yönetmeliği (DBYBHY-2007), başka herhangi bir seçim yapılmadığı durumlarda, sargılı veya sargısız beton modelleri için Mander beton modelinin kullanılmasını önermektedir.

Mander sargılı beton modelinde, sargı etkisiyle artan beton basınç dayanımı ve ε_{cu} beton birim kısalması, malzeme dayanımlarının yanında elemanda enine ve boyuna donatı yerleşimi de gözönüne alınarak hesaplanır

3.4.2 Beton çeliği modeli

DBYBHY 2007 Ek 7.B'e göre donatı çeliği için şekil değiştirme ve gerilme değerleri Şekil 3.3'de ve Çizelde 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.3 : Donatı çeliğinin gerilme-şekil değiştirme bağıntısı.

Şekil 3.4'de verilen grafiğe göre DBYBHY 2007 gerilme-şekil değiştirme ilişkisini, elastik bölge, plastik plato bölgesi ve pekleşme bölgesi olmak üzere üç parçaya

bölmüştür. Burada ϵ_{sy} donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesini, ϵ_{sh} donatı çeliğinin pekleşmeye başladığı andaki birim şekil değiştirmeni, ϵ_{su} donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesini, f_{sy} donatı çeliğinin akma dayanımını, f_{su} donatı çeliğinin kopma gerilmesini ifade etmektedir. Donatı çeliği modeli için gerilme ve şekil değiştirme değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.3 : Donatı çeliği için gerilme-şekil değiştirme değerleri.

Kalite	f_{sy} (MPa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} (MPa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275
S420	420	0.0021	0.008	0.10	550

3.5 Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekil Değiştirme Kapasiteleri

Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar f_{su} sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları Çizelge 3.2’de verilmiştir (Celep, 2007).

Çizelge 3.4 : Kesit hasar sınırlarına göre tanımlanan beton ve donatı çeliği birim şekil değiştirme üst sınırları.

Kesit Hasar Sınırı	Sargısız Beton		Sargılı Beton	
	Beton birim şekil değiştirmesi	Çelik birim şekil değiştirmesi	Beton birim şekil değiştirmesi	Çelik birim şekil değiştirmesi
MN	0.0035	0.010	0.0035	0.010
GV	0.0035	0.040	0.135	0.040
GÇ	0.004	0.060	0.018	0.060

3.5.1 Birim şekil değiştirme sistemlerinin belirlenmesi

DBYBHY 2007 Bölüm 7.6.5 ve 7.6.6’ya göre yapılan itme analizi veya zaman tanım alanında 7.6.7’ye göre yapılan hesap sonucunda çıkış bilgisi olarak herhangi bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönme istemine bağlı olarak plastik eğrilik istemi, aşağıdaki bağıntı Denklem (3.5) ile hesaplanacaktır.

$$\theta_p = \theta_p L_p \quad (3.5)$$

Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de göz önüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki eksenel kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrultulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan θ_y eşdeğer akma eğriliği, Denklem (3.6) ile tanımlanan θ_p plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki θ_t toplam eğrilik istemi elde edilecektir.

$$\theta_t = \theta_y + \theta_p \quad (3.6)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirmesi istemi ile donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme istemi, denklem (3.4) ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanacaktır.

Sargılı veya sargısız beton ve donatı çeliği modelleri için, başkaca bir seçim yapılmadığı durumlarda, DBYBHY 2007 Bilgilendirme Eki 7B'den yararlanılabilir.

3.5.2 Plastik mafsalsal hipotezi

Çubuk elemanlarda eğilme momenti değişiminden dolayı eğilme rijitliği ile ters orantılı eğrilik meydana gelir. Çubuk eleman kesitinde, eğilme momentinin küçük değerlerinde elastik, eğilme momentinin büyük değerlerinde ise elastik ve plastik şekil değiştirmeler meydana gelir. Bu eğriliğin değeri, eğilme momenti değerinin donatı çeliğinden akma oluşturacak şekil değiştirme değerlerine ulaşınca kadar momentle orantılı olarak değişir ($\theta = M/EI$). Bu değerden sonra betonarme kesit ulaşabileceği, malzemenin izin verdiği, en büyük eğriliğe kadar momentteki küçük artımlarla serbestçe dönebilir (Celep, 2007).

Kirişlerde $0 \leq M \leq M_y$ olan kesitleri tamamen elastik kalmakta ve eğilme rijitliğine bağlı olarak kesitte elastik eğrilik ortaya çıkmaktadır. $M_y \leq M \leq M_u$ olan kesitlerde ise, kesitin bir kısmı elastik bir kısmı plastik olduğu için, eğrilik elastik ve plastik bölümlerin toplamı olarak oluşur. Deprem yükleri etkisinde kirişlerde meset bölgeleri daha çok zorlandığı için bu bölgelerde plastik mafsalsal oluşması beklenir. Bu bölgelerde meydana gelen eğilme momenti, elastik ve plastik eğrilik değişimlerinin düzgün yayılı olarak bir L_p boyunda olduğu kabul edilir.

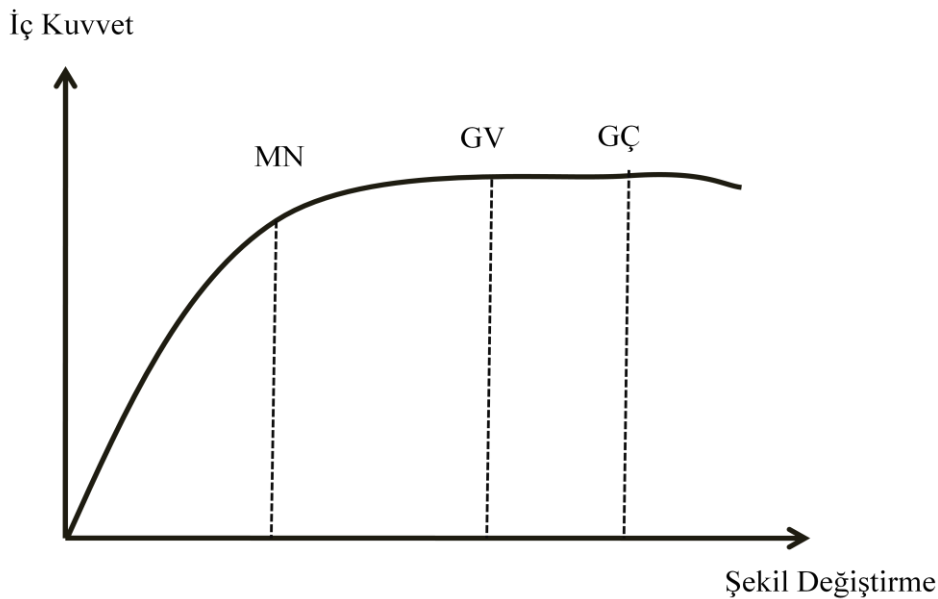
3.6 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

3.6.1 Kesit hasar sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır (Ammon, 1991). Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır.

3.6.2 Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitleri Minimum Hasar Sınırına ulaşmayan kesitler Minimum Hasar Bölgesi'nde, Belirgin Hasar Bölgesi'nde olan elemanlar ise Minimum Hasar ile Güvenlik Sınırı arasında kalan elemanlardır. Geriye kalan iki durumdan İleri Hasar Bölgesi, Güvenlik Sınırı ile Göçme Sınırı arasında kalan elemanlar için tanımlanmıştır. Göçme sınırını da aşan elemanlar için Göçme Bölgesi tabiri kullanılmaktadır. Bu anlatım Şekil 3.4de açıkça görülmektedir. Kesit ve eleman hasarları tanımlanırken iç kuvvetlerin ve/veya şekil değiştirmelerin kesit hasar sınırlarına karşı gelen sayısal değerler ile karşılaştırılması söz konusudur. Böylece kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilmektedir. Eleman hasarı belirlenirken, elemanın en fazla hasar gören kesiti dikkate alınmaktadır.



Şekil 3.4 : Betonarme elemanlardaki kesit hasar bölgeleri.

4. VAN DEPREMİNE AİT KAYITLAR

Şekil 4.1de Van iline ait sismik risk haritası gösterilmektedir. Burada görülen kırmızı alanlar 0.40 g yer ivmesine sahip I zonunu, pembe alanlar ise 0.30 g ivmesine sahip II zonunu temsil etmektedir.



Şekil 4.1 : Bölgenin 1996 tarihli deprem bölgeleri haritası.

Şekil 4.1’ de Van iline ait 1996 tarihli deprem bölgeleri haritası gösterilmektedir. Burada görülen kırmızı alanlar 0.40 g yer ivmesine sahip I zonunu, pembe alanlar ise 0.30 g ivmesine sahip II zonunu temsil etmektedir.

Depremi odak noktasına en yakın kuvvetli yer hareketi istasyonu Muradiyede bulunan istasyondur. Bu istasyondan tespit edilen maksimum ivme 0.2 g civarındadır (ERD, 2011). Maksimum yer ivmesine ait belirlenen konturler ve yer hareketi hızı Aydan and Ohta (2006)'nın methodu ile belirlenmiştir. Method bir miktar değiştirilerek doğrultu atımlı fayların etkilerinin yanı sıra depremin uzunluğu, eğim

açısı gibi parametrelerin etkilerini içermektedir. Gerçek yer hareketi ile tespit edilen yer hareketi arasındaki fark kesme hızının farklılığından ortaya çıkmaktadır. Bu tür yer hareketi hesaplamalarında topoğrafik etkiler ve basen etkileri henüz gözönüne alınmamaktadır. Depremde belirlenen ivme değeri en az 500 gal olarak, hız değeri de 38 cm/s olarak tespit edilmiştir.

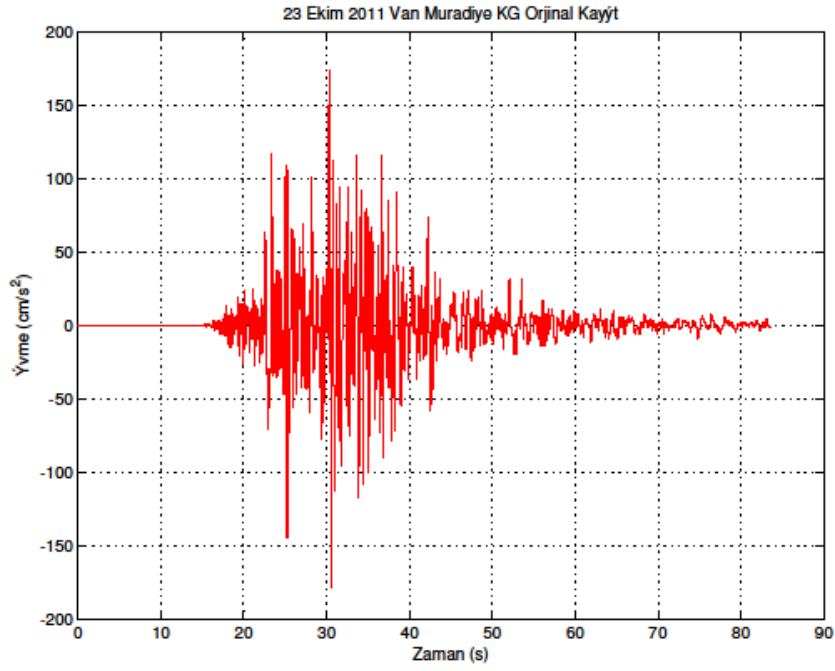
Van depremindeki binalarda yaşanan bu gibi hasarların benzeri 1999 Kocaeli depreminde de yaşanmıştır (Aydan , 2000a ve 2000b).

Çizelge 4.1 : Van deprem kayıtlarının mühendislik şiddet değerleri.

#	Deprem Kaydı	Bileşen	Orijinal Veri t_{eff}	İşlenmiş veri t_{eff}	Orijinal Veri Houser Şiddeti	İşlenmiş veri Houser Şiddeti
1	Van -Muradiye	KG	19.227	19.227	65.61	64.90
2		DB	22.292	22.293	47.47	45.33
3	Van-Merkez	KG	16.05	16.450	30.65	29.36
4		DB	8.420	8.440	37.90	22.31

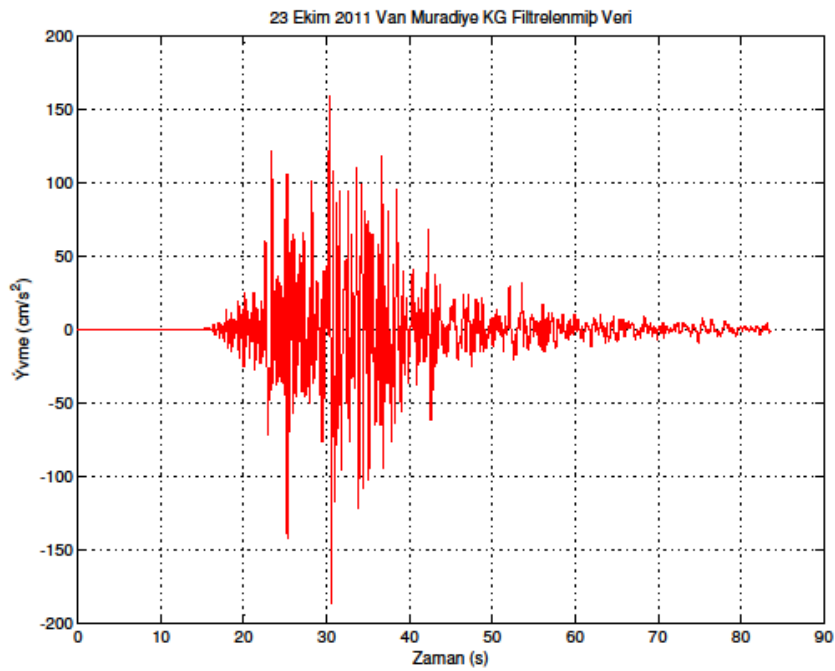
Çizelge 4.2 : Van deprem kayıtlarına uygulanan filtrelere ait frekans değerleri.

#	Deprem Kaydı	Bileşen	Tarih	BP-filtre (Hz)	BP-filtre (Hz)
1	Van-Muradiye	KG	23.10.2011	0.05	15.00
2		DB		0.10	45.00
3	Van-Merkez	KG	09.11.2011	0.10	18.00
4		DB		0.05	9.00



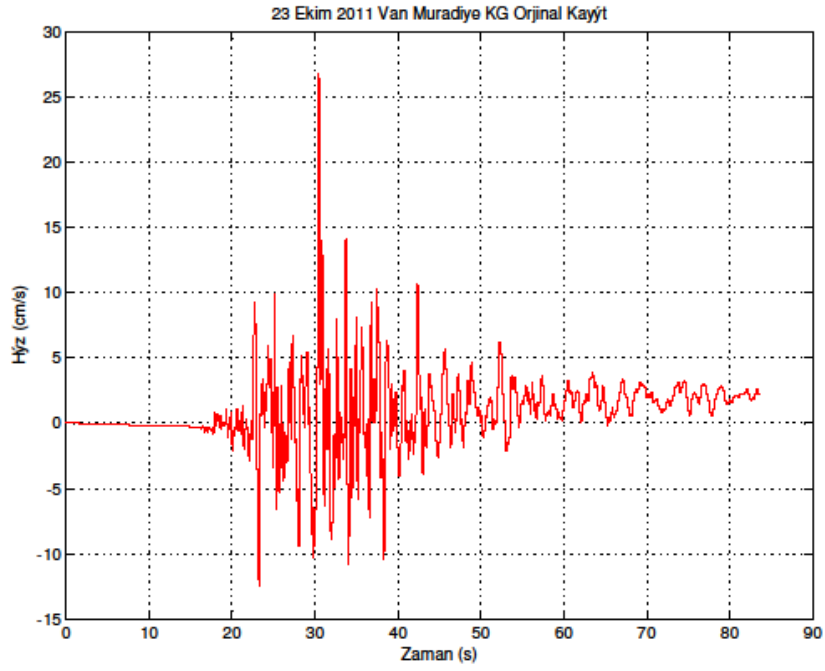
Şekil 4.2 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu orjinal kaydı ivme zaman grafiği

Şekil 4.2de 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye kuzey-güney doğrultulu kayıtlara ait orjinal veriye ait ivme zaman grafiği bulunmaktadır.



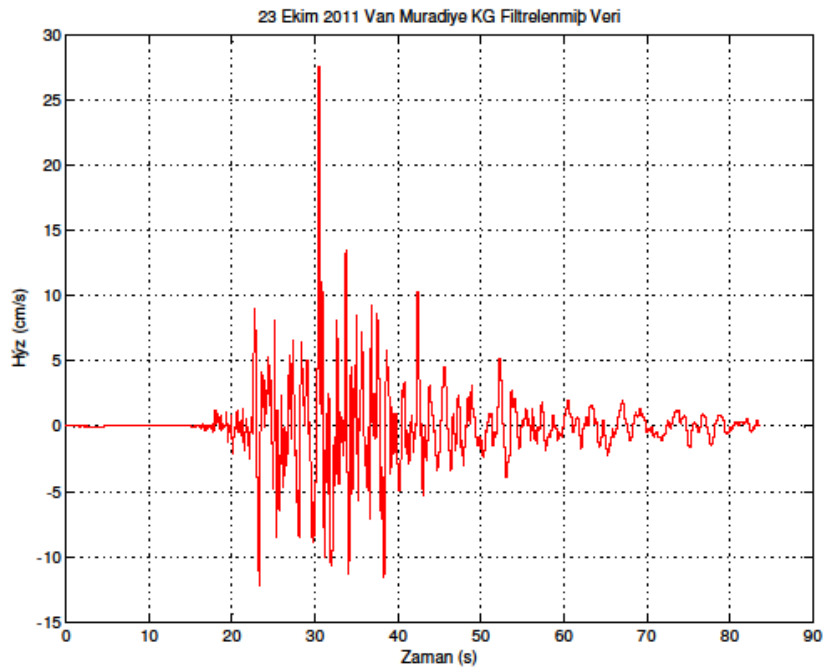
Şekil 4.3 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu filtrelenmiş veri ivme zaman grafiği

Şekil 4.3de 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye kuzey-güney doğrultulu kayıtlara ait filtrelenmiş veriye ait ivme zaman grafiği bulunmaktadır.



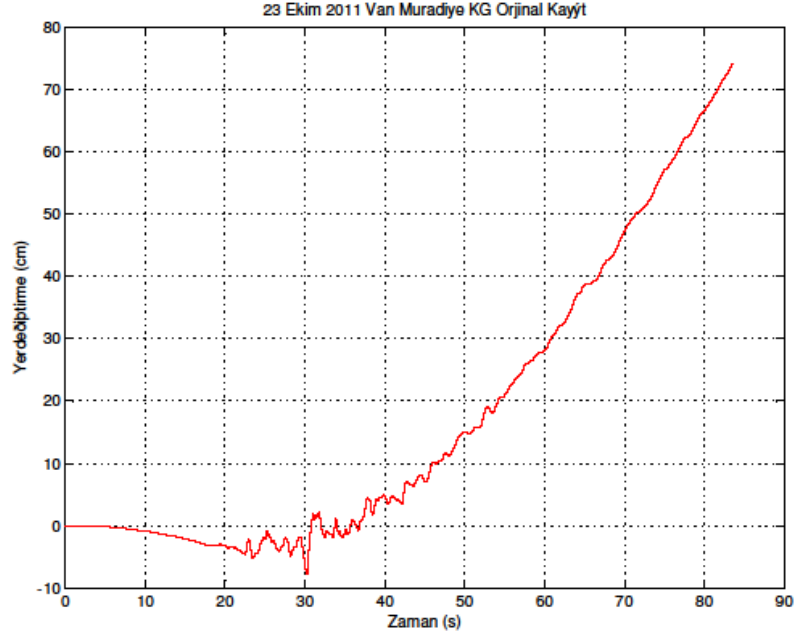
Şekil 4.4 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu orjinal kaydı hız-zaman grafiği

Şekil 4.4de 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye kuzey-güney doğrultulu kayıtlara ait orijinal veriye ait hız zaman grafiği bulunmaktadır.



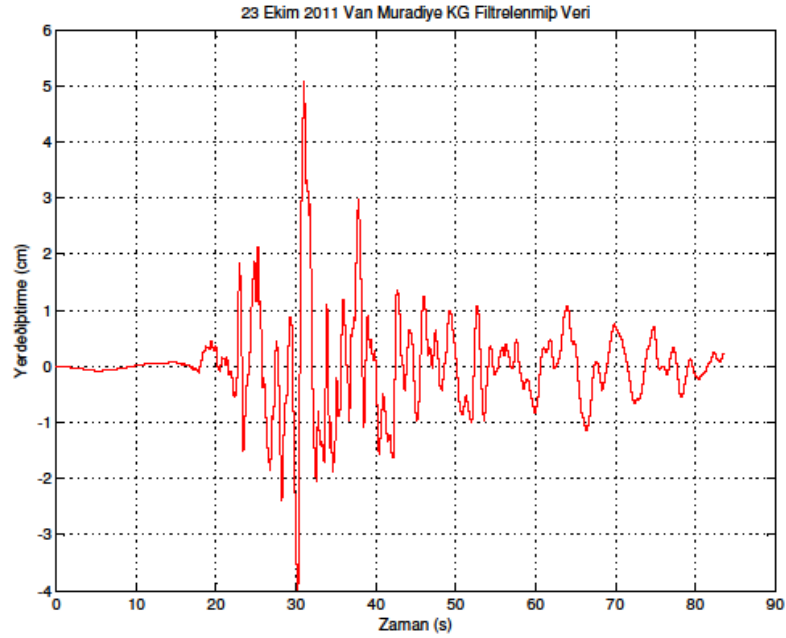
Şekil 4.5 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu işlenmiş veri hız-zaman grafiği

Şekil 4.5de 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye kuzey-güney doğrultulu kayıtlara ait filtrelenmiş veriye ait hız zaman grafiği bulunmaktadır.



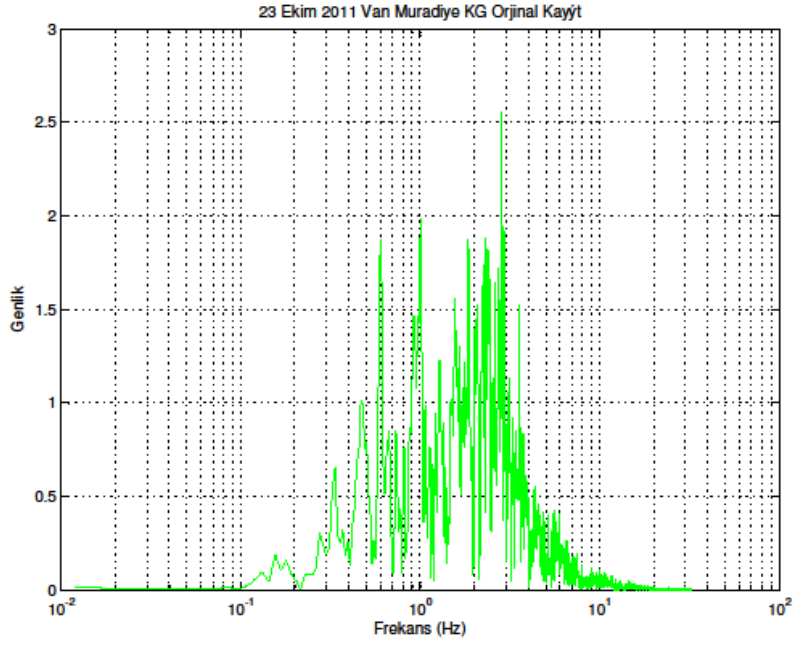
Şekil 4.6 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu orjinal kaydı yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 4.6da 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye kuzey-güney doğrultulu kayıtlara ait orijinal veriye ait yerdeğiştirme zaman grafiği bulunmaktadır.



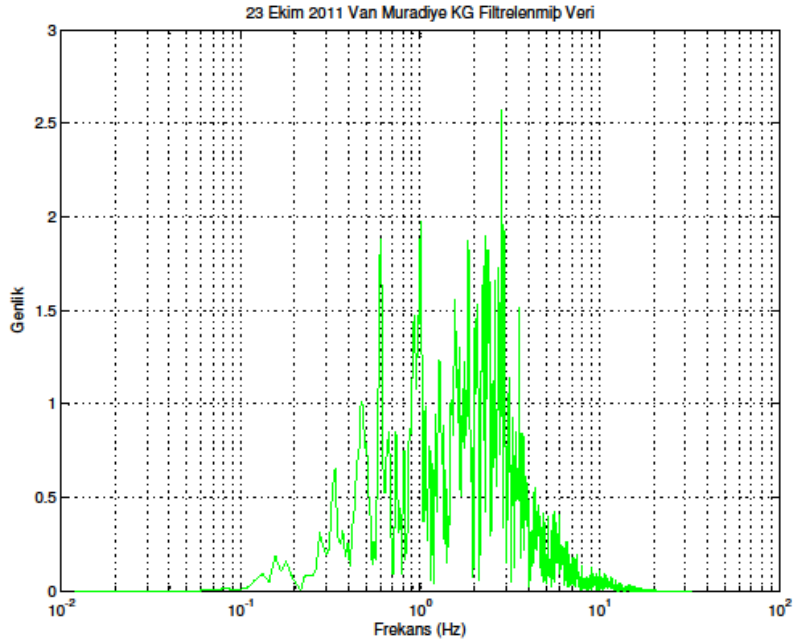
Şekil 4.7 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu filtrelenmiş kayıt yerdeğiştirme-zaman grafiği

Şekil 4.7' de 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye kuzey-güney doğrultulu filtrelenmiş veri kayıtlarına ait yerdeğiştirme zaman grafiği bulunmaktadır.



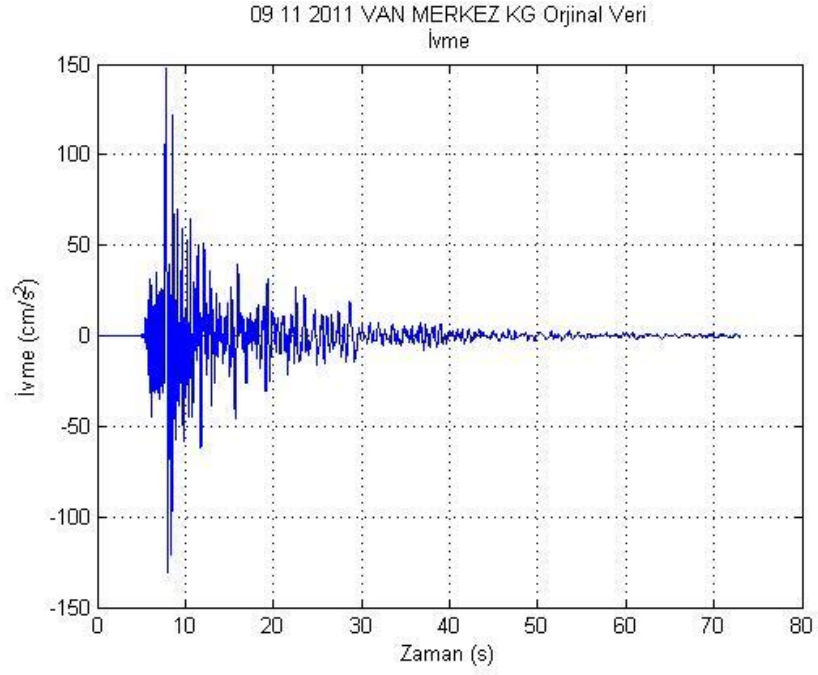
Şekil 4.8 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu orjinal kaydı Fourier spektrumu

Şekil 4.8’ de 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye kuzey-güney doğrultulu orjinal veri kayıtlarına ait Fourier spektrumu grafiği bulunmaktadır.



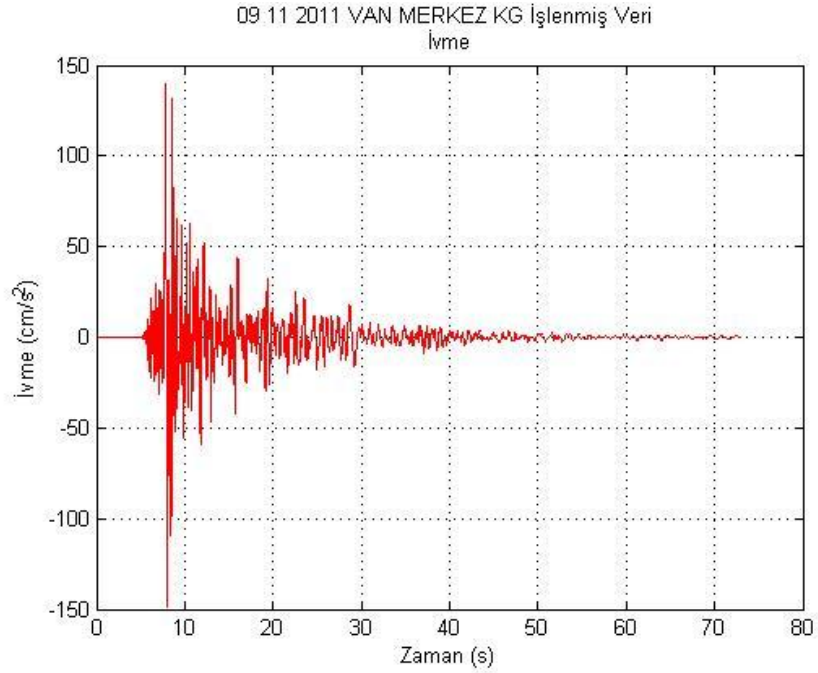
Şekil 4.9 : 23 Ekim 2011 Van Depremi Muradiye KG doğrultulu işlenmiş veri Fourier spektrumu

Şekil 4.9’ da 23 Ekim 2011 Van depremi Muradiye kuzey-güney doğrultulu işlenmiş veri kayıtlarına ait Fourier spektrumu grafiği bulunmaktadır.



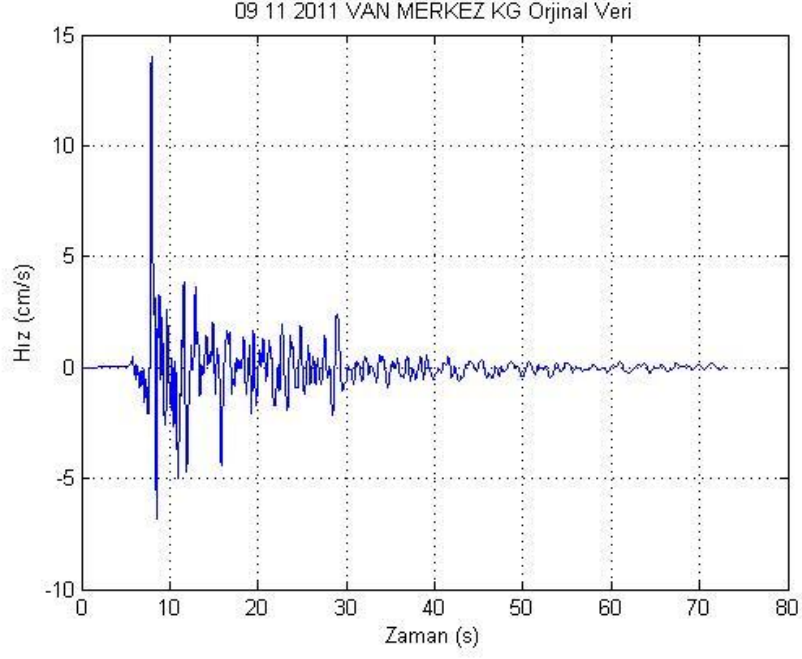
Şekil 4.10 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal kaydı ivme zaman grafiği

Şekil 4.10’ da 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu orjinal veri kayıtlarına ait ivme-zaman grafiği bulunmaktadır.



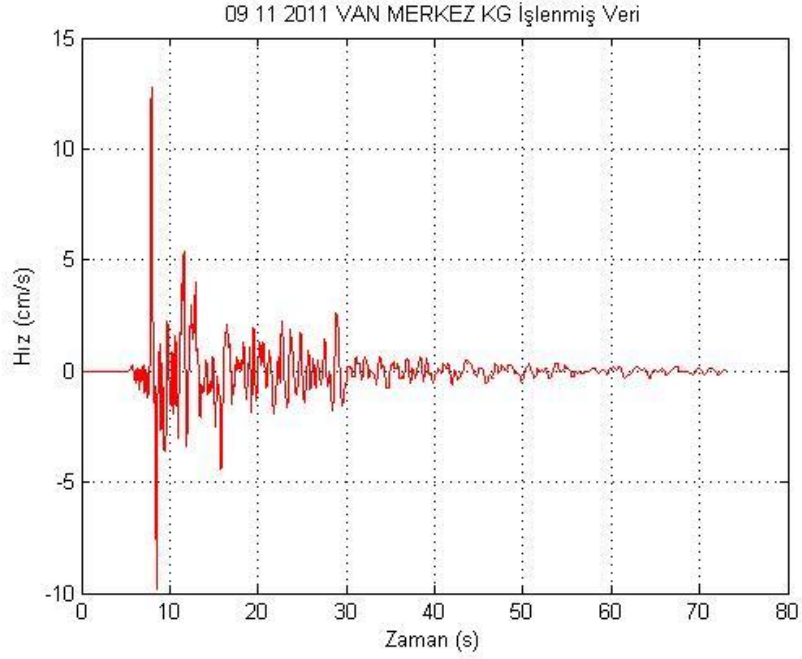
Şekil 4.11 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri ivme zaman grafiği.

Şekil 4.11’ de 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu işlenmiş veri kayıtlarına ait ivme-zaman grafiği bulunmaktadır.



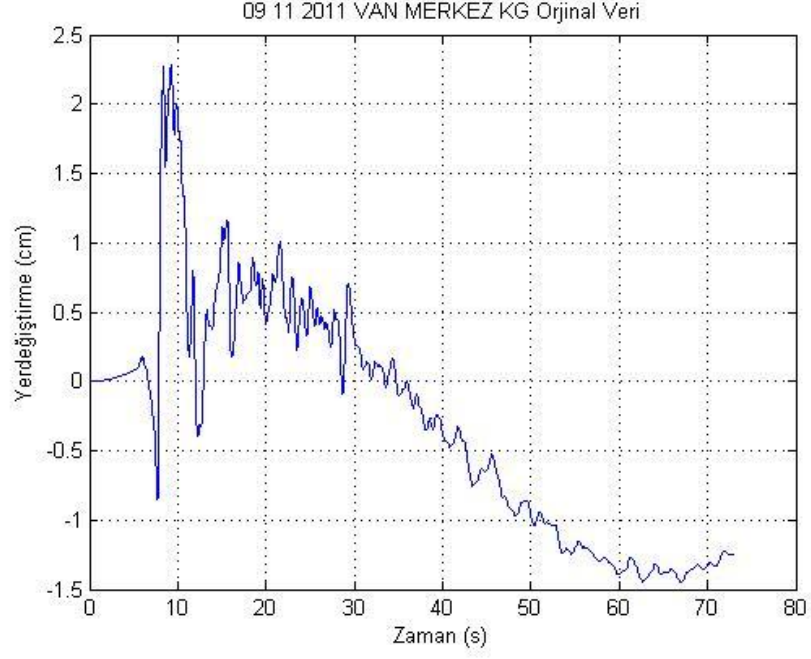
Şekil 4.12 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal kaydı hız zaman grafiği.

Şekil 4.12’ de 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu orjinal veri kayıtlarına ait hız-zaman grafiği bulunmaktadır.



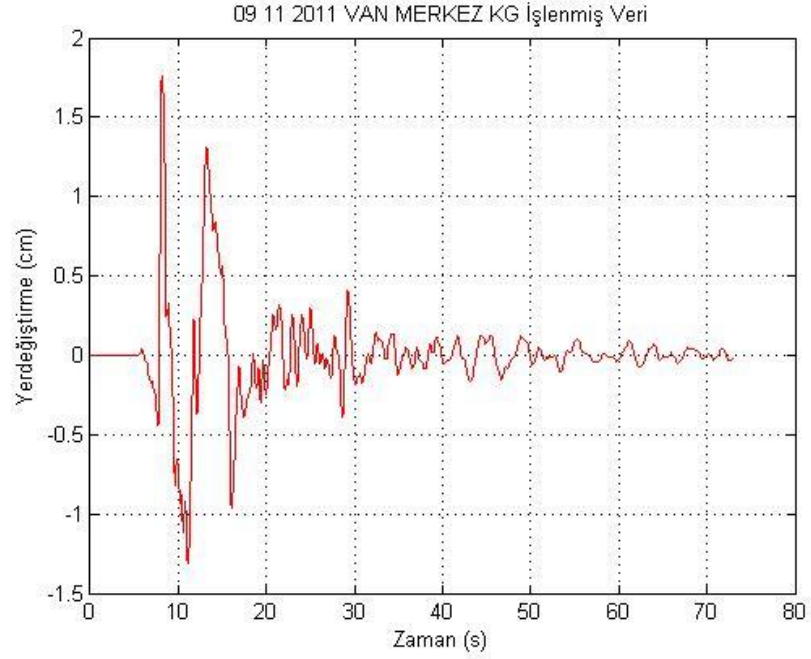
Şekil 4.13 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri hız zaman grafiği.

Şekil 4.13’ de 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu işlenmiş veri kayıtlarına ait hız-zaman grafiği bulunmaktadır.



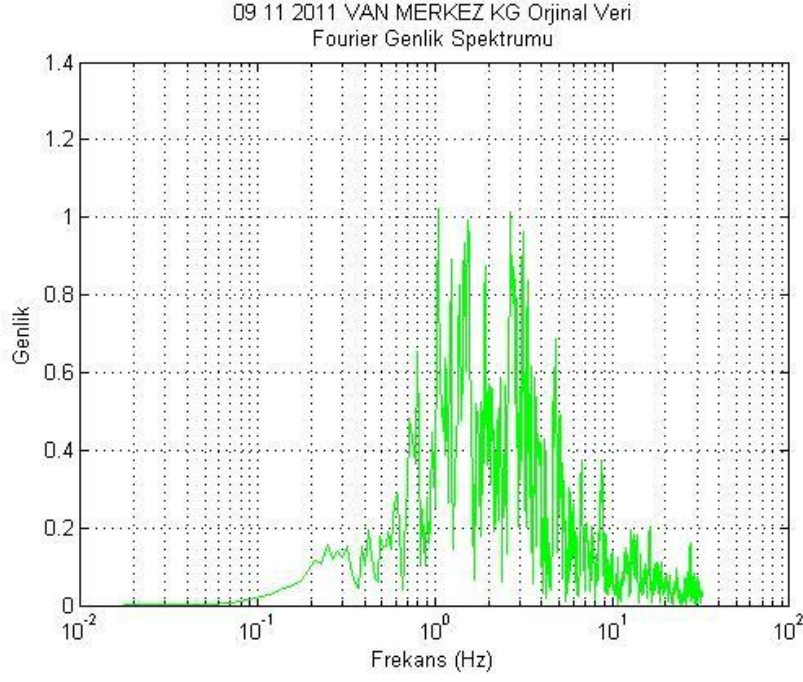
Şekil 4.14 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal veri yerdeğiştirme zaman grafiği.

Şekil 4.14’ de 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu orjinal veri kayıtlarına ait yerdeğiştirme-zaman grafiği bulunmaktadır.



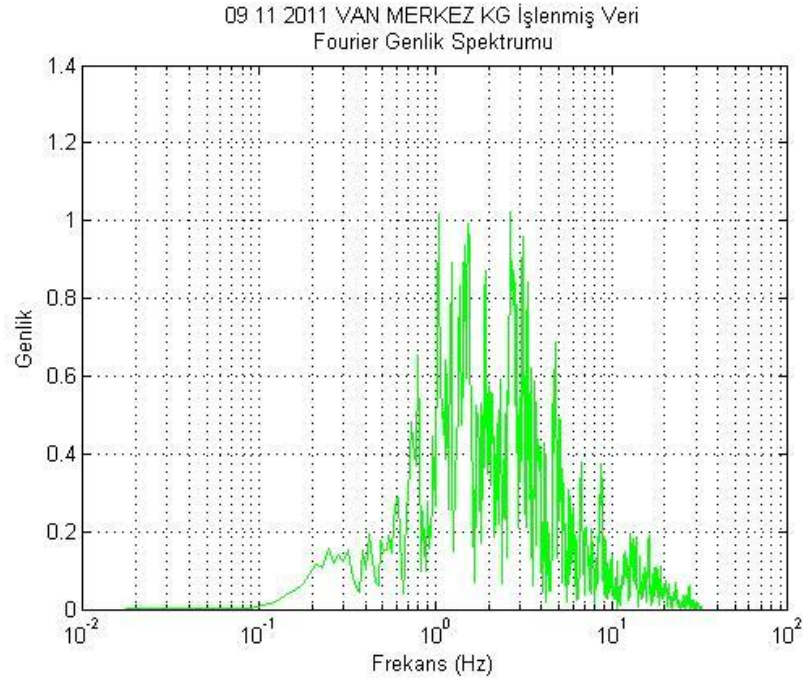
Şekil 4.15 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri yerdeğiştirme zaman grafiği.

Şekil 4.15’ de 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu işlenmiş veri kayıtlarına ait yerdeğiştirme-zaman grafiği bulunmaktadır.



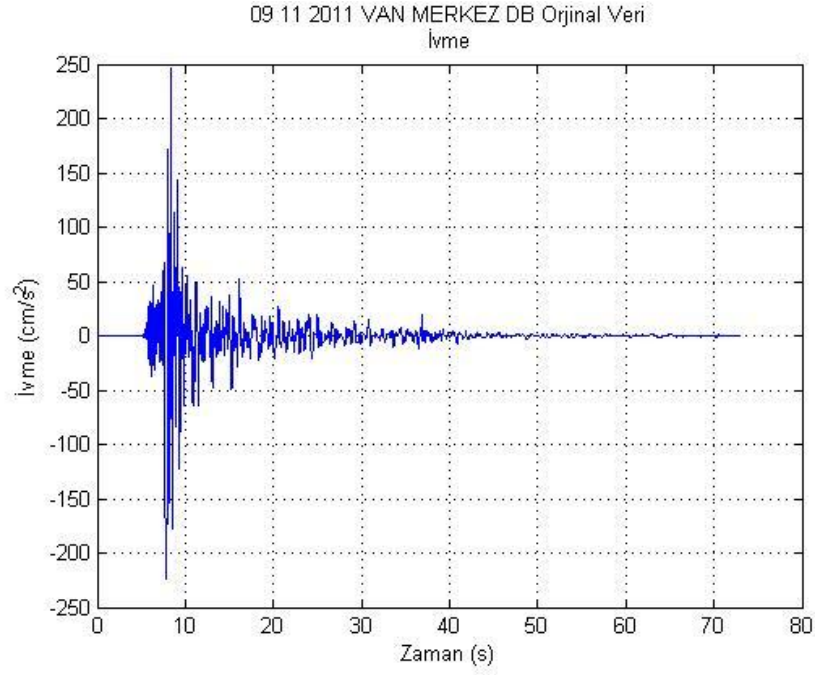
Şekil 4.16 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal veri genlik frekans grafiği.

Şekil 4.16’ da 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu orjinal veri kayıtlarına ait genlik frekans grafiği bulunmaktadır.



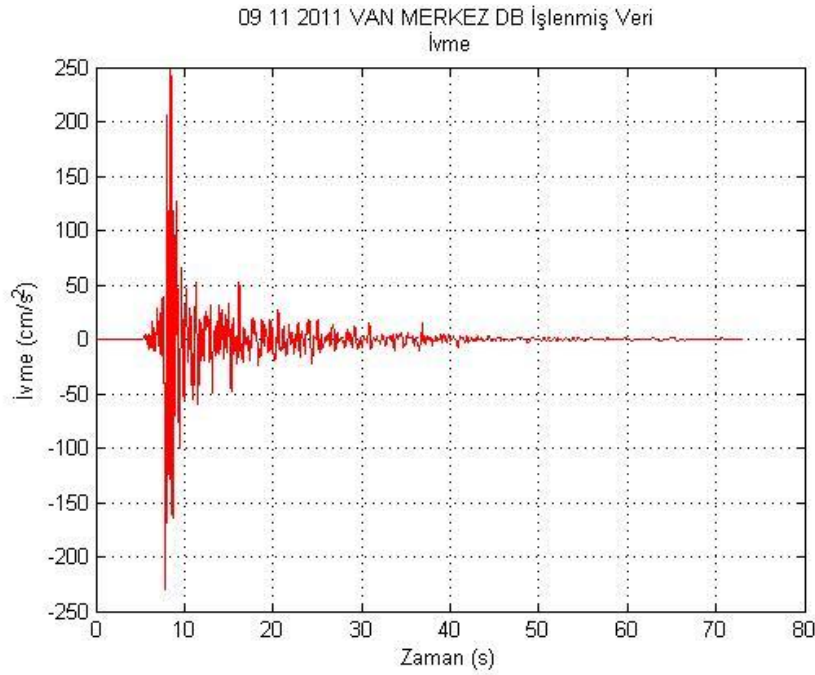
Şekil 4.17 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri genlik frekans grafiği.

Şekil 4.17’ de 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu işlenmiş veri kayıtlarına ait genlik frekans grafiği bulunmaktadır.



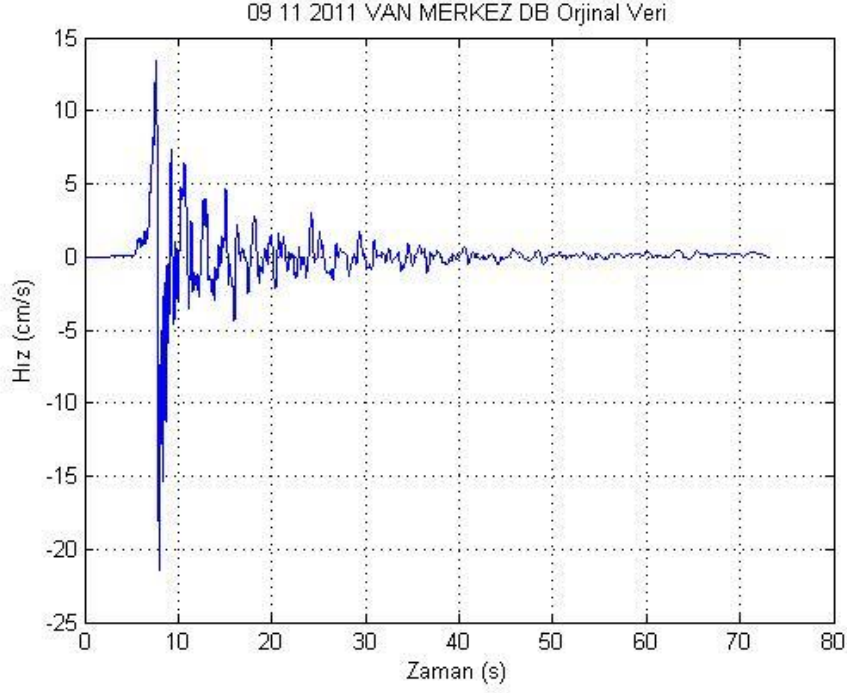
Şekil 4.18 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal veri ivme zaman grafiği.

Şekil 4.18’ de 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu orjinal veri kayıtlarına ait ivme zaman grafiği bulunmaktadır.



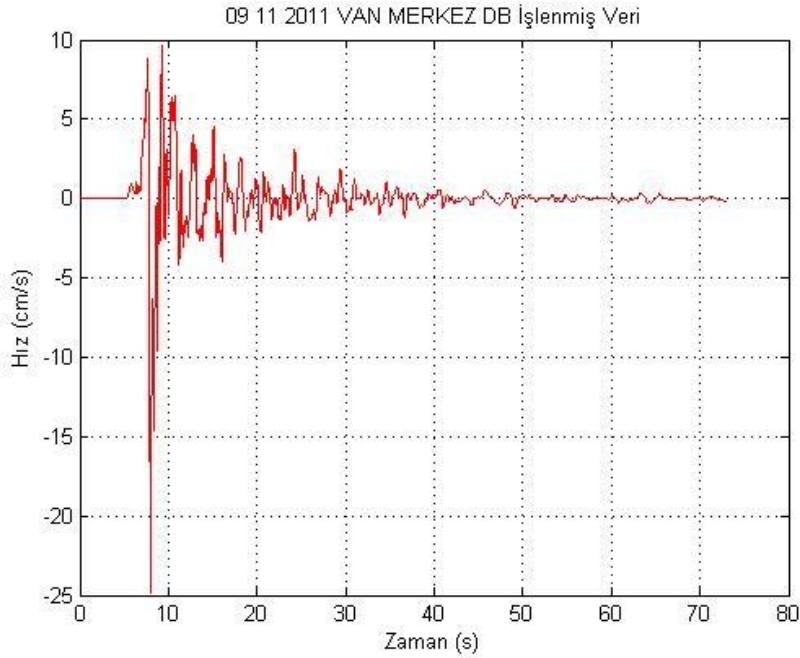
Şekil 4.19 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri ivme zaman grafiği.

Şekil 4.19’ da 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu işlenmiş veri kayıtlarına ait ivme zaman grafiği bulunmaktadır.



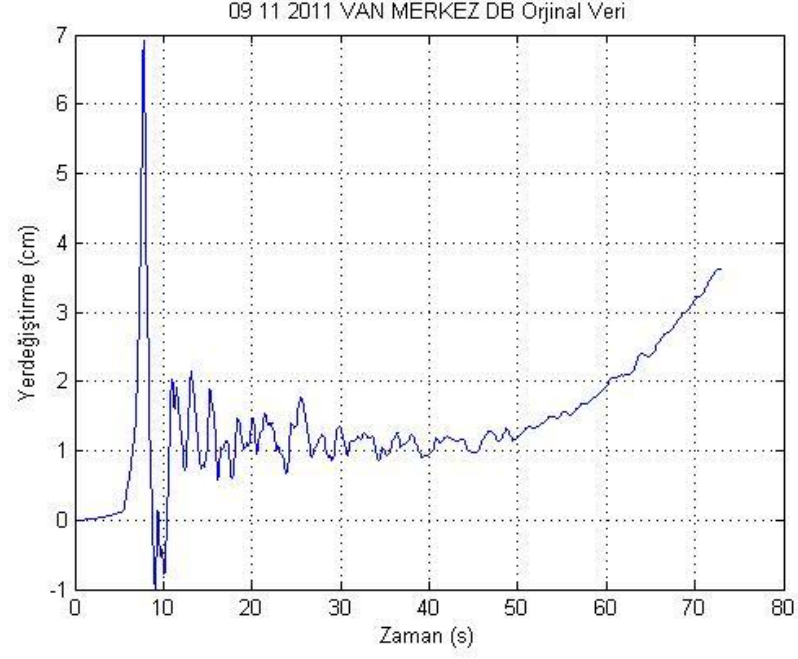
Şekil 4.20 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal veri hız zaman grafiği.

Şekil 4.20’ de 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu orjinal veri kayıtlarına ait hız zaman grafiği bulunmaktadır.



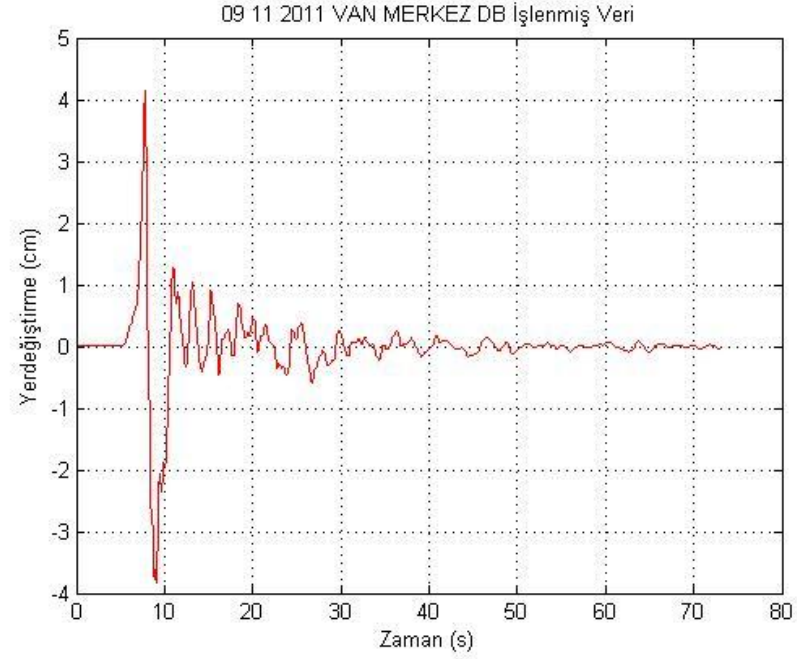
Şekil 4.21 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri hız zaman grafiği.

Şekil 4.21’ de 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu işlenmiş veri kayıtlarına ait hız zaman grafiği bulunmaktadır.



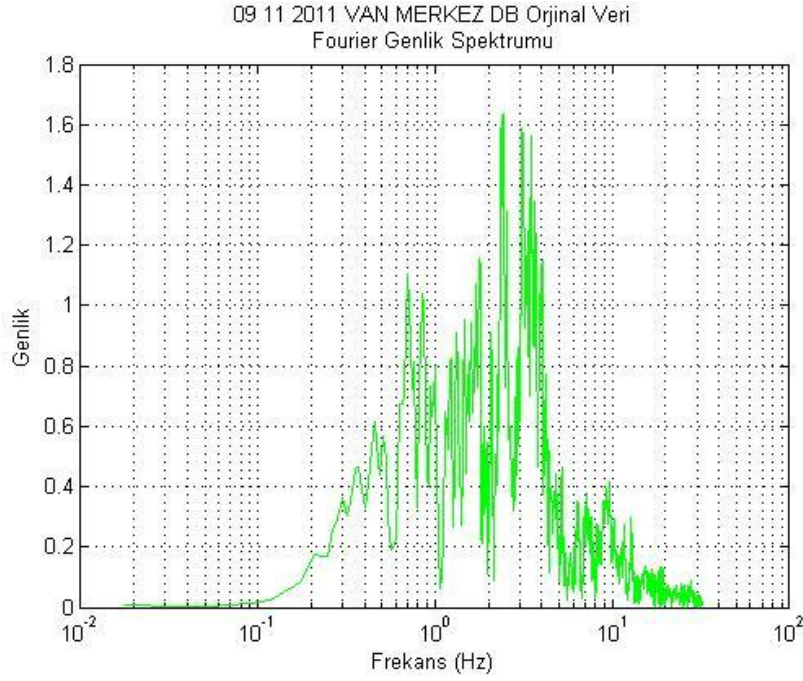
Şekil 4.22 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal veri yerdeğiştirme zaman grafiği.

Şekil 4.22’ de 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu orjinal veri kayıtlarına ait yerdeğiştirme zaman grafiği bulunmaktadır.



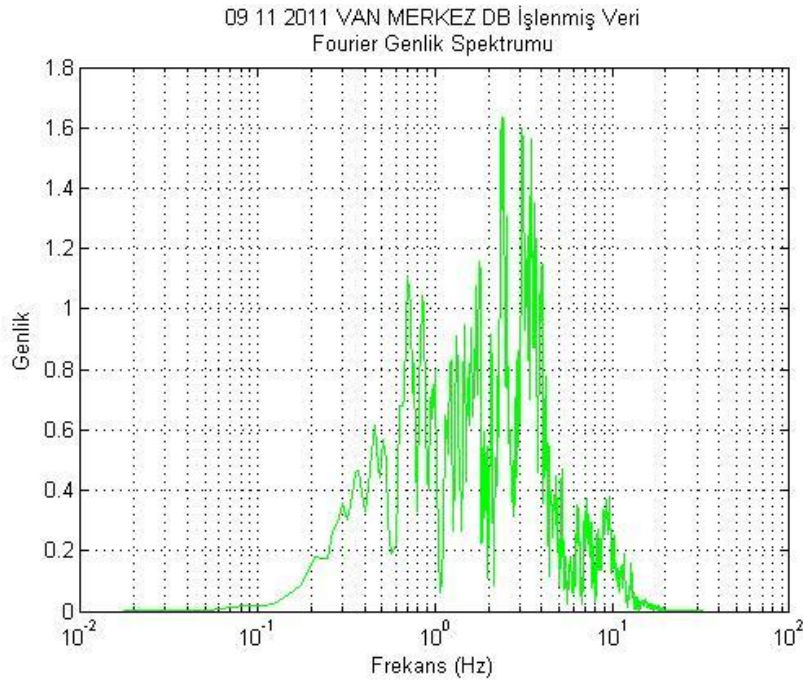
Şekil 4.23 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri yerdeğiştirme zaman grafiği.

Şekil 4.23’ de 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu işlenmiş veri kayıtlarına ait yerdeğiştirme zaman grafiği bulunmaktadır.



Şekil 4.24 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu orjinal veri genlik frekans grafiği.

Şekil 4.24’ de 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu orjinal veri kayıtlarına ait genlik frekans grafiği bulunmaktadır.



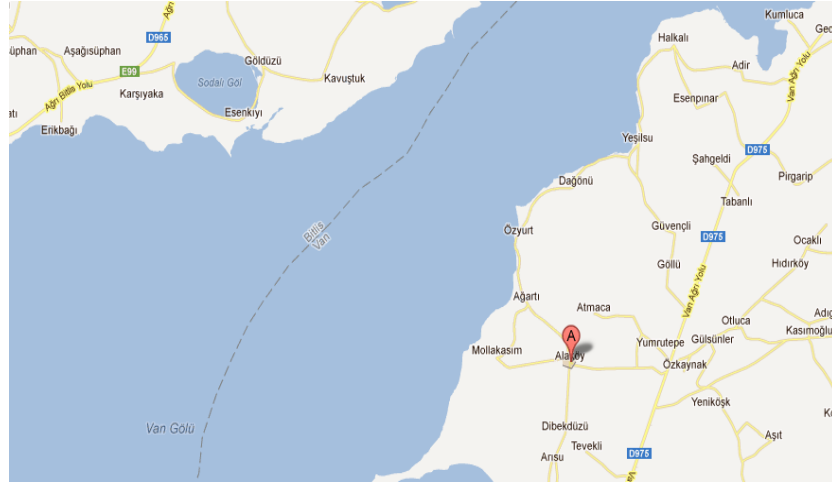
Şekil 4.25 : 9 Kasım 2011 Van Merkez Depremi KG doğrultulu işlenmiş veri genlik frekans grafiği.

Şekil 4.25’ de 9 Kasım 2011 Van Merkez kuzey-güney doğrultulu işlenmiş veri kayıtlarına ait genlik frekans grafiği bulunmaktadır.

5. DEPREMLERDE HASAR GÖREN BETONARME BİNANIN İNCELENMESİ

5.1 Alaköy Bölgesi ve Bina Hakkında Genel Bilgiler

Van merkeze göre kuzeyde yer alan Alaköy merkeze bağlı küçük bir yerleşim birimidir. Şekil 5.1’ de görüldüğü gibi Alaköy’ ün Van merkeze uzaklığı yaklaşık 30 km dir. 23 Ekim depreminin merkezüssü Muradiye istasyonundan 42 km uzaklıkta, 9 Kasım 2011 depreminin merkezüssü Van Merkez istasyonundan 14 km uzaktadır.



Şekil 5.1 : Alaköy bölgesinin konumu.

Şekil 5.1’ e göre Alaköy ikinci derece deprem bölgesindedir. Genel itibariyle kerpiç binalardan oluşan bir yapı stoğuna sahiptir. Deprem sonrası sunulan raporlarda bazı okul ve lojmanların az hasar gördüğü tespit edilmiştir. Bağlantı hataları ve çamurun ana harç malzemesi olarak kullanılması gibi teknik hatalar bazı binalarda hasara neden olmuştur.

Çalışmada incelenen bina Kuran kursu amacıyla kullanılmakta olan betonarme çerçeve taşıyıcı sisteme sahip bir yapı olup genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Bina Özellikleri:

Kat Sayısı :Zemin + 2 normal kat

Bina Toplam Yüksekliği: :7.95 metre

Kat Yükseklikleri	:2.65 metre
Kullanım Amacı	:Kurs
Bina Taşıyıcı Sistemi	:Betonarme Çerçeve Sistem

- Malzeme Özellikleri:

Beton Sınıfı: C12

Beton Çeliği Sınıfı: S220

- Bina Parametreleri:

Zemin Sınıfı :Z3 ($T_A=0.15$ s ve $T_B=0.60$ s)

Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n) : 0.60

Yükler

- Ölü Yükler:

Döşeme Yüğü (d= 10 cm) : 3.00 kN /m²

Dış Duvar Yüğü : 5.30 kN /m²

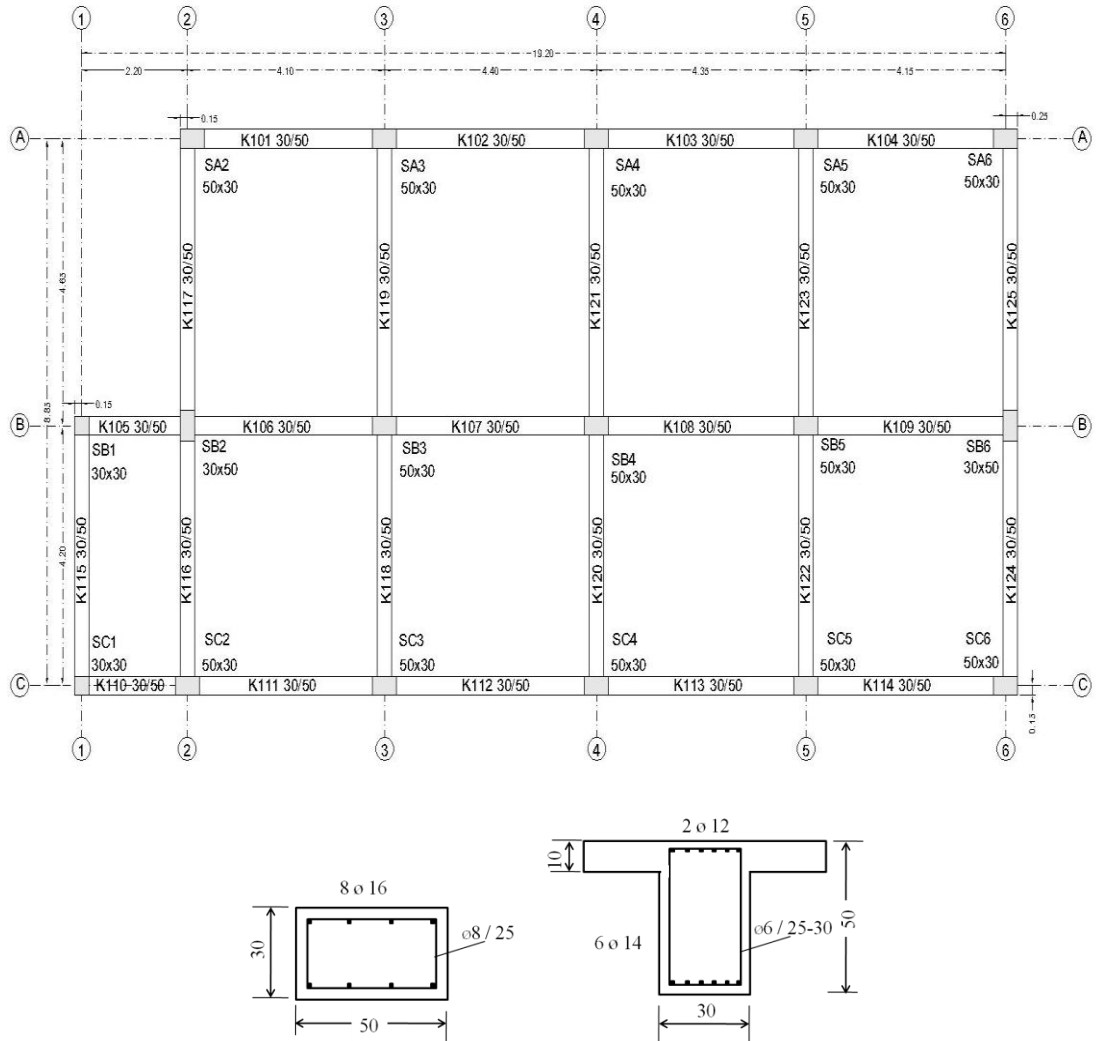
- Hareketli Yükler: : 3.50 kN/m²

Şekil 5.2' de Alaköydeki kurs binası için hazırlanan kalıp planı ve kiriş ve kolon kesitleri bulunmaktadır. Şekil 5.3' de ise kolon ve kiriş donatı detayları verilmiştir. Binanın analizinde verilen adetlere ve çaplara, ölçüm yapılmayan diğer elemanlarda da benzer şekilde uyulduğu kabulü yapılmıştır.

Döşeme kalınlığı 10 cm olan kirişli plak döşemede 3.00 kN/m² sabit yük alınmış, hareketli yükler ise 3.50 kN/m², alınmıştır. Bu yükler daha sonra eşdeğer yayılı yüke dönüştürölmek suretiyle kirişler üzerine etkitilmiştir. Şekil 5.2 kalıp planında göröldüğü gibi, yapıda 50x30, 30x50 ve 30x30 olmak üzere üç farklı keside sahip kolon bulunmaktadır. Kiriş kesitleri tek tip olmakla beraber, 30x60 enkesitlerinde kirişler bulunmaktadır.



Şekil 5.2 : Alaköy kurs binası, yan cephe fotoğrafı.



Şekil 5.3 : Alaköy kurs binası kalıp planı ve donatı detayları.

Deprem sonrasında yerinde yapılan incelemelerde binada 2 adet kolonda ağır hasarın olduğu gözlenmiştir. 9 Kasım 2011 tarihli ikinci depremin ardından bina tekrar incelenmiş hasar durumunun değişmediği görülmüştür. Aşağıda Şekil 5.4’de binada hasar tespiti sırasında çekilen fotoğraflar verilmektedir.



Şekil 5.4 : Binanın iki deprem sonrası karşılaştırmalı fotoğrafları.

Yapıda enkesit boyutları aynı olmakla birlikte yerleşim doğrultusu ve konum itibariyle üç farklı tip kolon görülmektedir. Donatı detayları verilen kolon ve kirişe ait kesitler Çizelge 5.1’ de görülmektedir. Çizelge 5.1’ de de görüldüğü gibi kolonlarda üç farklı tip kolon görülmektedir. Donatı detayları verilen kolon ve kirişe ait kesitler Çizelge 5.1’de görülmektedir. Çizelge 5.1’de de görüldüğü gibi kolonlarda $\phi 16$ çapında boyuna; $\phi 8$ çapında enine donatılar bulunmaktadır. Kirişlerde montaj donatısı $2\phi 12$ olarak alınırken alt donatı $6\phi 14$ alınmıştır.

Çizelge 5.1 : Yapıdaki kesitler ve donatı bilgileri.

Eleman Tipi	b (cm)	h (cm)	Donatı
Kiriş	30	50	$2\phi 12$ (Üstte) $6\phi 14$ (Altta)
Tip1 Kolon	30	50	$8\phi 16$
Tip 2 Kolon	50	30	$8\phi 16$
Tip 3 Kolon	30	30	$4\phi 16$

5.2 Alaköy Bölgesindeki Okul Binasının Doğrusal Olmayan Dinamik Çözümü

Okul binasının SAP2000 programı kullanarak üç boyutlu olarak modellenmesi ve doğrusal olmayan dinamik çözümlemeler sırasında şu kabuller yapılmıştır:

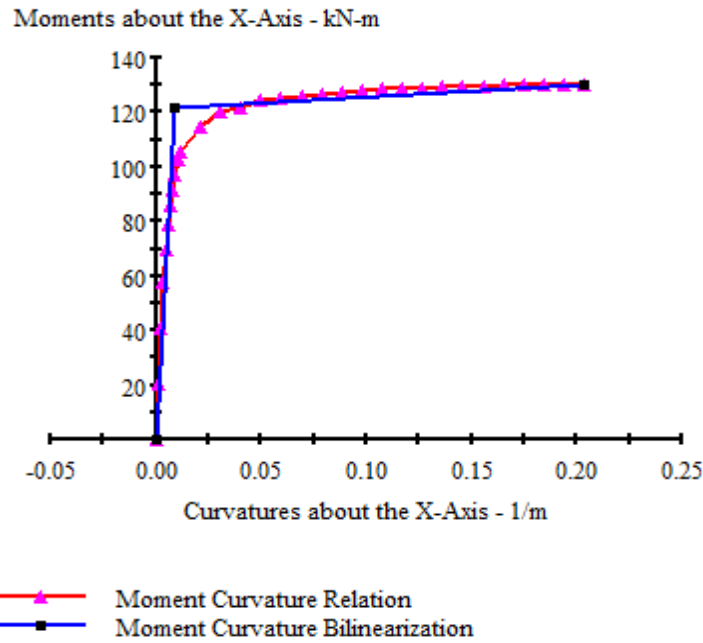
1) Okul binasının geometrik modeli SAP2000 programına girilerek ilk aşamada doğrusal çözüm yapılmıştır. Doğrusal çözüm verileri ışığında çatlamış kesit hesabına ilişkin etkin eğilme rijitlikleri belirlenmiştir. Hesabın bundan sonraki aşamalarında belirlenen bu rijitliklerle çalışılmıştır.

2) Hesap için malzeme bilgileri girilirken betonarme ve donatı çeliği gerilme, şekil değiştirme sınır değerlerine ihtiyaç duyulmuştur. DBYBHY’de çelik ve beton için kullanılan gerilme-şekil değiştirme ilişkilerini ve ilgili sınır değerleri gösteren tablolardan yararlanılmıştır. Hesaplardaki tüm taşıyıcı elemanlarda sargısız beton malzemesi dikkate alınmıştır. Sargısız kesitler için beton gerilme-şekil değiştirme ilişkileri ve sonrasında kesitlere ait karakteristik özellikler X-tract (2007) 3.08 sürümlü bilgisayar programı ile hesaplanarak, SAP2000 programındaki plastik mafsalları tanımlamalarında kullanılmıştır. X-tract programı yardımıyla göçme durumuna ulaşan iki kritik keside ait moment-eğrilik grafikleri 1. Tip kolonlar için

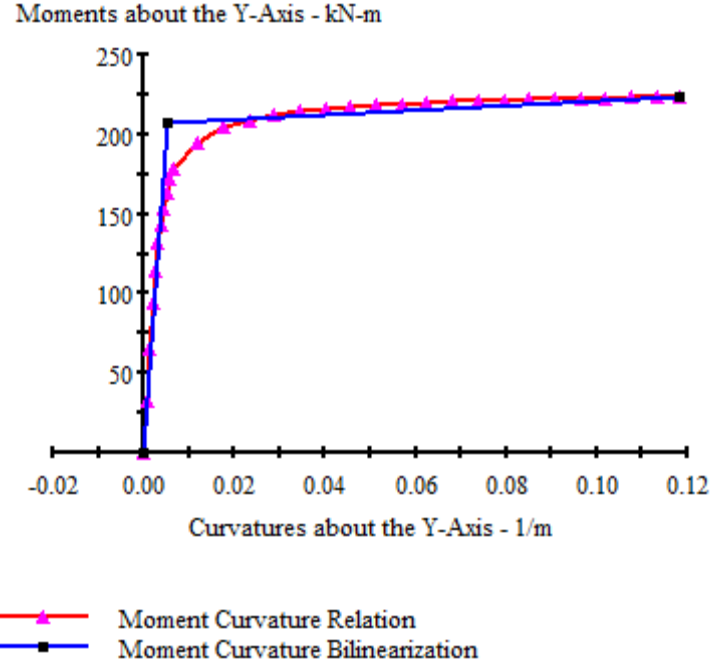
Şekil 5.5 ve Şekil 5.6da; 2. Tip kolonlar içinse Şekil 5.7 ve Şekil 5.8de sırasıyla x-ekseni etrafındaki moment değerine ve y-ekseni etrafındaki moment değerine bağlı olarak çizdirilmiştir. X-tract programı yardımıyla tüm kesitlerin eğrilik değerleri, akma momentleri ve kapasite momentleri belirlenmiştir. X-tract programı yardımıyla doğrusal olmayan çözüm için gerekli olan mafsal değerleri tespit edilmiştir. Moment-eğrilik ilişkilerinin hesabında kesitlere etkiyen normal kuvvet değerlerini farklılığı dikkate alınmıştır.

3) Kirişli plak döşeme bulunan yapıda, hesabın kolaylaştırılması adına döşemeler modellenmemiş bunun yerine yükleri kirişlere aktarılmıştır.

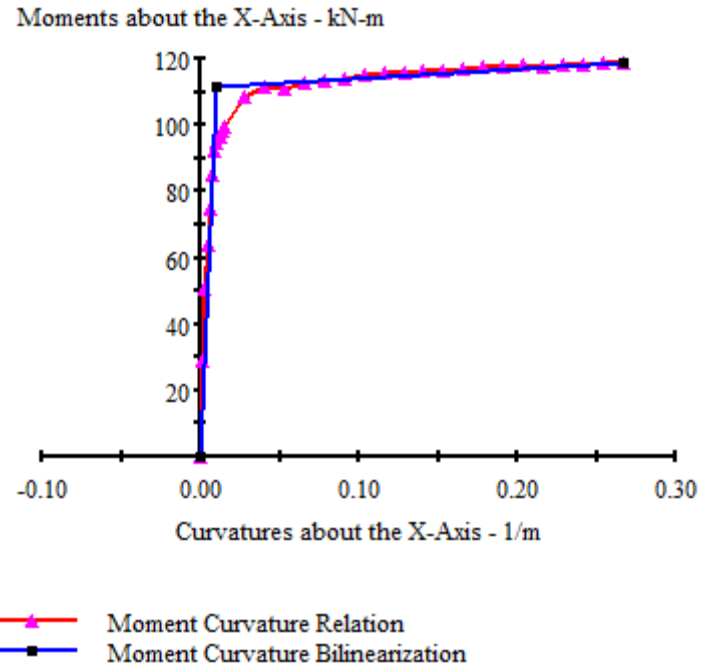
4) Van depremine ait kayıtlar hesap programında tanımlanarak fonksiyonlar girilmiştir. Tanımlanan bu veriden x ve y yönüne ait yerdeğiştirme, dönme gibi sistem karşılıkları elde edilmiştir. Elde edilen bu çıktılarla DBYBHY’de belirlenen sınırlar çerçevesinde bir karşılaştırma yapılmış ve hasar bölgeleri belirlenmiştir.



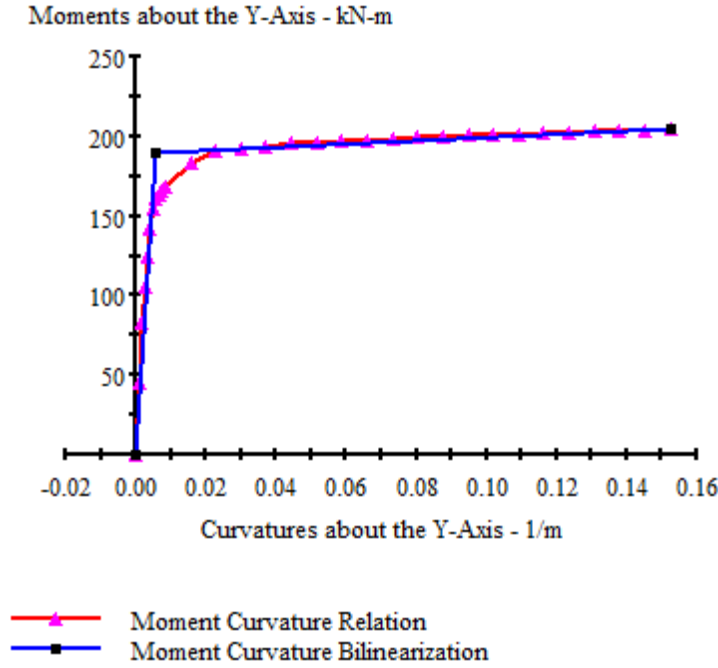
Şekil 5.5 : Tip 1 x yönü momente karşı eğrilik grafiği



Şekil 5.6 : Tip 1 y yönü momente karşı eğrilik grafiği



Şekil 5.7 : Tip 2 x yönü momente karşı eğrilik grafiği



Şekil 5.8 : Tip 2 y yönü momente karşı eğrilik grafiği

Kurs binası, mevcut kalıp planına uygun olarak SAP2000 analiz programında tüm elemanlar çubuk eleman olarak tanımlanacak şekilde oluşturulmuştur.

Yapılan hesaplar adım adım şu şekilde sıralanabilir:

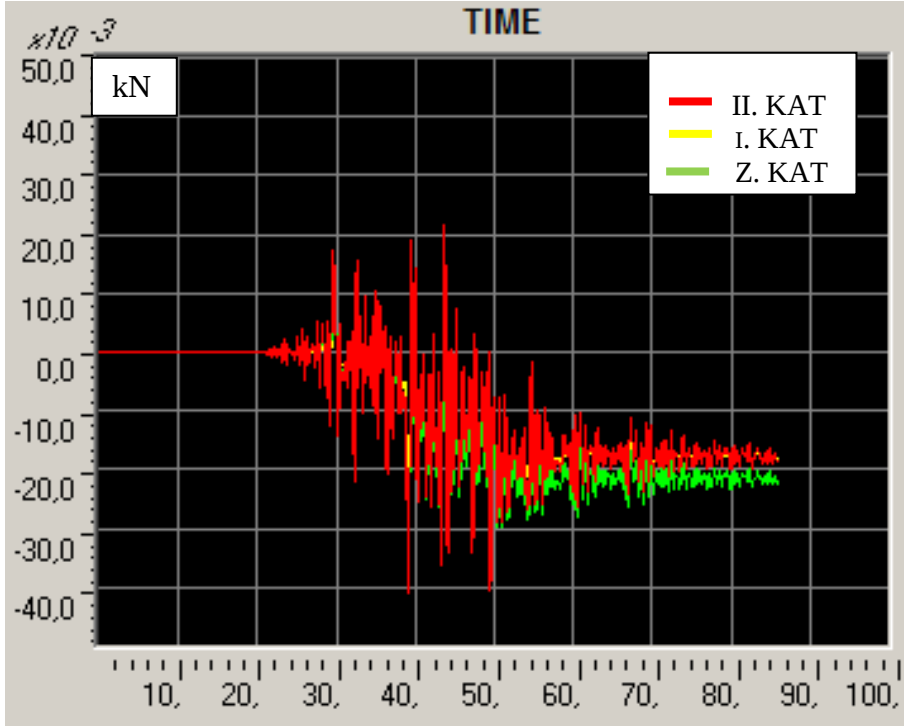
- Doğrusal çözüm yapılarak düşey yükler altında sistemin genel davranışı tespit edilir. Bu hesap yardımıyla kolon ve kirişlere ait normal kuvvet değerleri, donatı miktarları ve eleman enkesitleri dikkate alınarak gruplar oluşturularak, kolon ve kiriş uçlarında meydana gelmesi beklenen mafsal değerlerinin belirlenmesi adına bir ön çalışma yapılır.
- Plastik mafsal hesaplamaları için kesitlerin enkesitleri, donatı adetleri pas payları gibi tasarıma yönelik bilgiler X-tract programına girilir. Her bir gruba ait kolon normal kuvvet değerleri girilen bu programdan eğrilik değerleri elde edilmektedir. Mafsal tanımlamaları yapılırken Sap2000de bulunan PMM mafsal türü seçilmelidir. Kirişler için seçilecek olan mafsal türü ise M3 mafsal tipidir.

X-tract programlarına veri girişi yapılarak kesitlere ait eğrilik değerlerinin saptanmasından sonra, bu eğrilikler dönme değerlerine dönüştürülmüştür. Dönme değerlerinin belirlenebilmesi için mafsal boyunun hesaplanmış olması

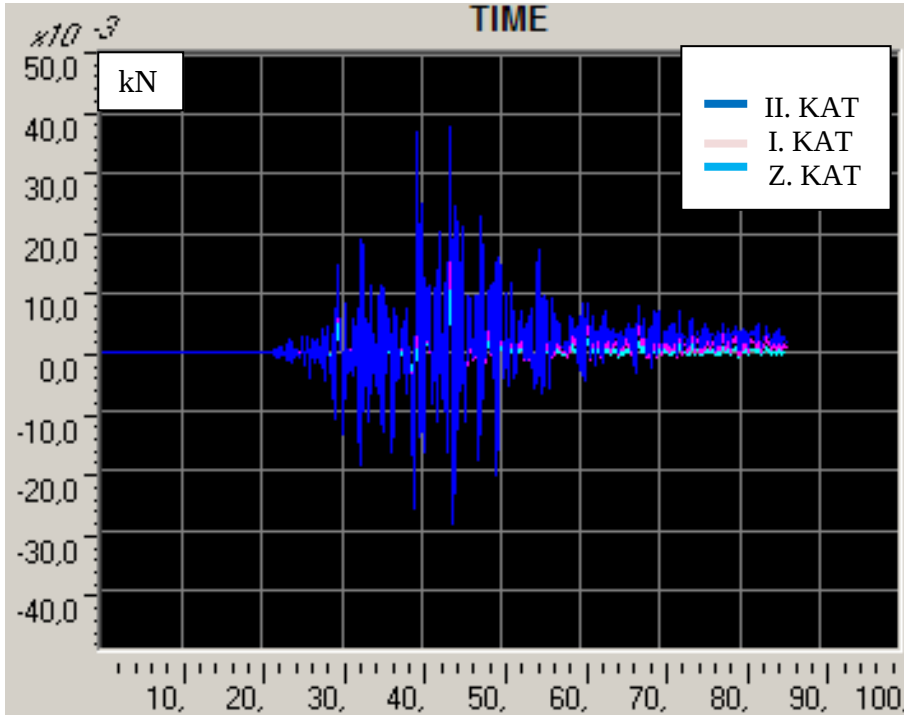
gerekmektedir. Bu nedenle DBYBHY’de yer alan kural gereği çalışan eğilme doğrultusundaki kesit boyutu (h)’nin yarısına eşit mafsalsal boyu belirlenir ($L_p = 0,5 h$).

- Doğrusal olmayan çözümlemeler için deprem yüklemelerine ait veri girişi SAP2000 programında ilk olarak “Define” sekmesinden “ Functions”tan “Time History” seçeneği ile fonksiyonun girilmesiyle başlar. Fonksiyonu tanımlanan depremin, x ve y bileşenlerini oluşturabilmek için yine “Define” menüsünden “Load Cases” seçeneği ile iki doğrultu için deprem verileri tanımlanır. Yüklerin belirlenmesi için analiz tipinin tanımlanması gerekir. Doğrusal olmayan hesap yöntemlerini ifade eden hesap biçimi SAP2000’de “Analysis Type” sekmesinden “Nonlinear”ın seçilmesi ve “Time History Type” içinse “ Direct Integration” sekmesinin seçilmesi ile belirlenir. “ Load Type” olarak “Accel”ın seçilmesiyle yön kabulü için “u1” x yönü olarak, “u2” ise y yönü olarak belirlenir. Büyütme faktörü olarak tanımlanan “Scale Factor” değeri için orijinal durumda verinin ivme değerlerinin cm/s^2 olması nedeniyle m/s^2 çevrimi yapabilmek adına “Scale Factor” kısmına “0.01” yazılır. 0.2g, 0.3 g, 0.4g ve 0.5 g için yapılacak olan hesaplarda ise enterpolasyon yoluyla “Scale Factor” değerleri belirlenir.
- Analiz için gerekli verilerin girildiği SAP2000 programında doğrusal olmayan çözümleme için program çalıştırılır. Bu çalışmada 5 farklı büyütme faktörü için hesap yapılmış ve grafikler karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Şekil 5.9 ve Şekil 5.10 da Van Muradiye kayıtlarıyla elde edilen deprem etkilerine ait zamana karşı kat yerdeğiştirme değerleri bulunmaktadır. Büyütme faktörünün 0.01 alınarak yapıldığı bu hesapta diyafram kabulü ile belirlenen 1 . kattaki yerdeğiştirme değerinin mertebeye küçük olduğu görülmektedir. Çerçeve sistemden oluşan bu yapıda üst katlarda yerdeğiştirmelerin, ilk katlara oranla nispeten büyük çıkması beklenen bir durumdur. Şekil 5.11 ve 5.12’de ise sırasıyla x ve y yönünde yapıya etki eden depremin etkisi ile yapıda oluşan taban kesme kuvvetinin zamana karşı grafiği elde edilmiştir. Şekil 5.13 ve 5.14 de ise en üst kat olan ikinci katın yerdeğiştirme değerlerine karşı taban kesme kuvveti değişimi görülmektedir.



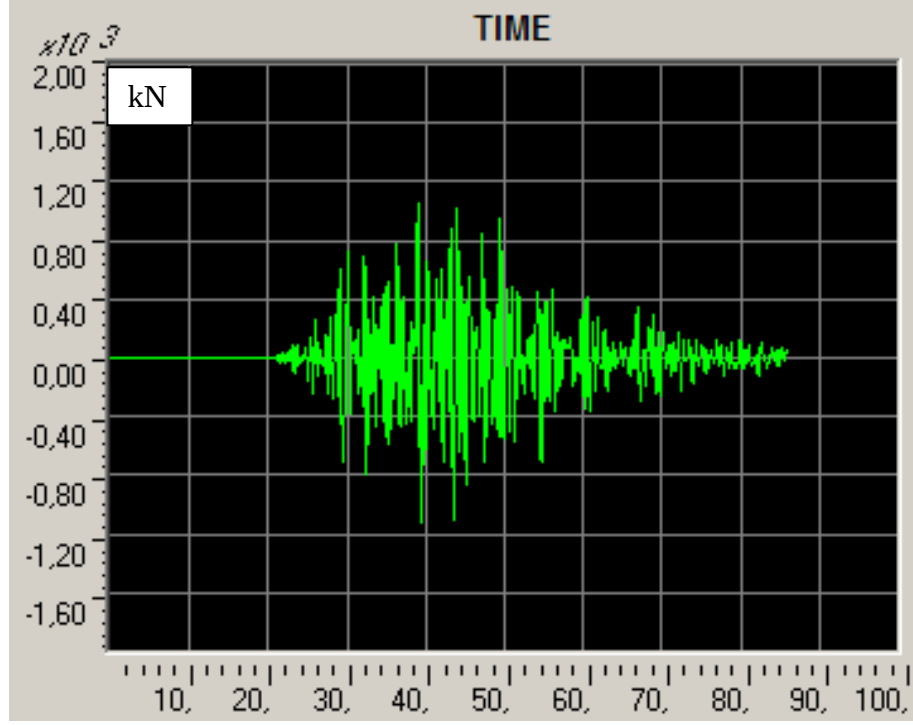
Şekil 5.9 : Tüm katlar için x yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (orjinal kayıt)



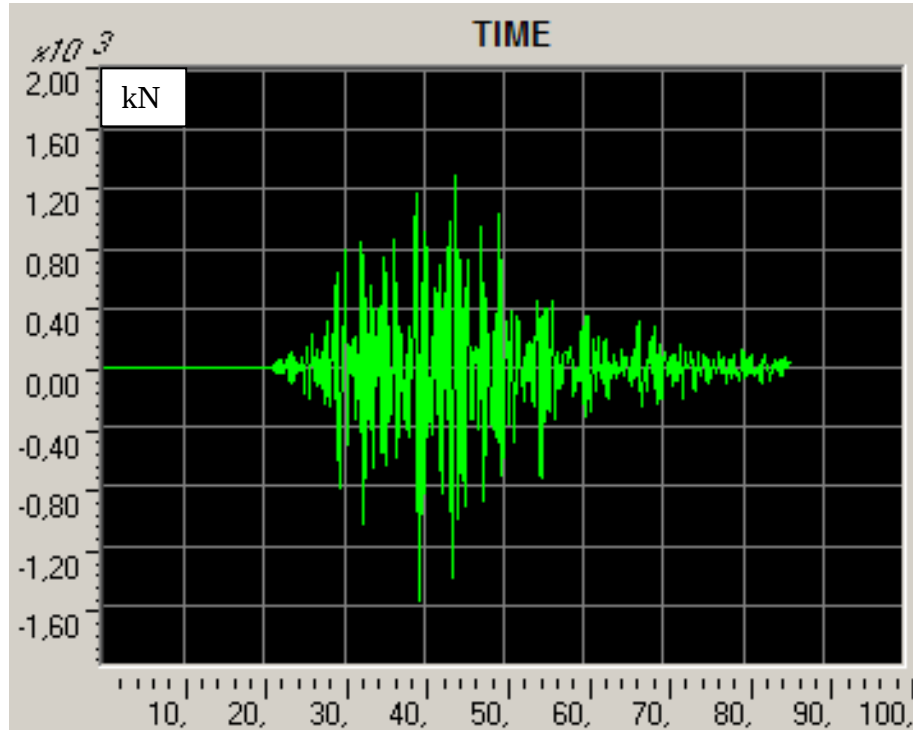
Şekil 5.10 : Tüm katlar için y yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (orjinal kayıt)

X-yönünde meydana gelen bu yerdeğiştirme ilişkisi y-yönünde de bulunmaktadır. Binanın uzun istikameti doğrultusunda gelen kuzey-güney bileşeni etkisi ve kısa doğrultusunda etkitilen doğu batı bileşeni etkisi ışığında yapılan x ve y yönü deprem

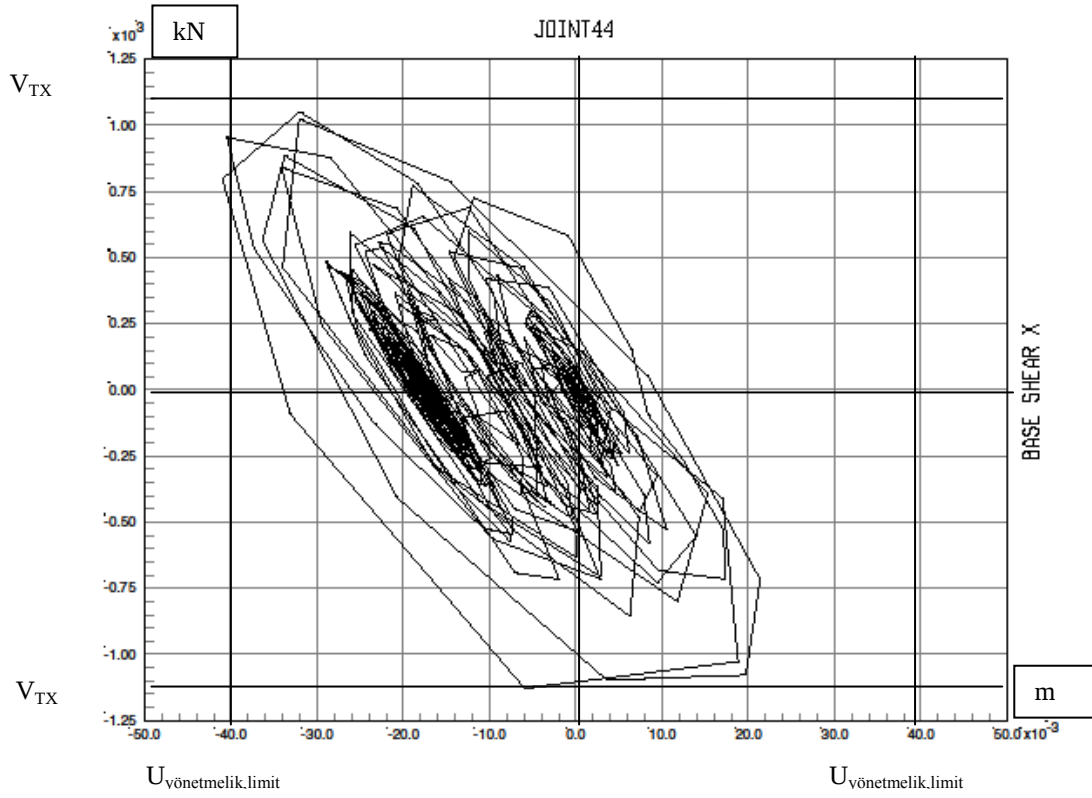
bileşenlerinden oluşturulan yerdeğiştirme grafikleri yerdeğiştirmenin adım adım üst katlara doğru arttığını göstermektedir.



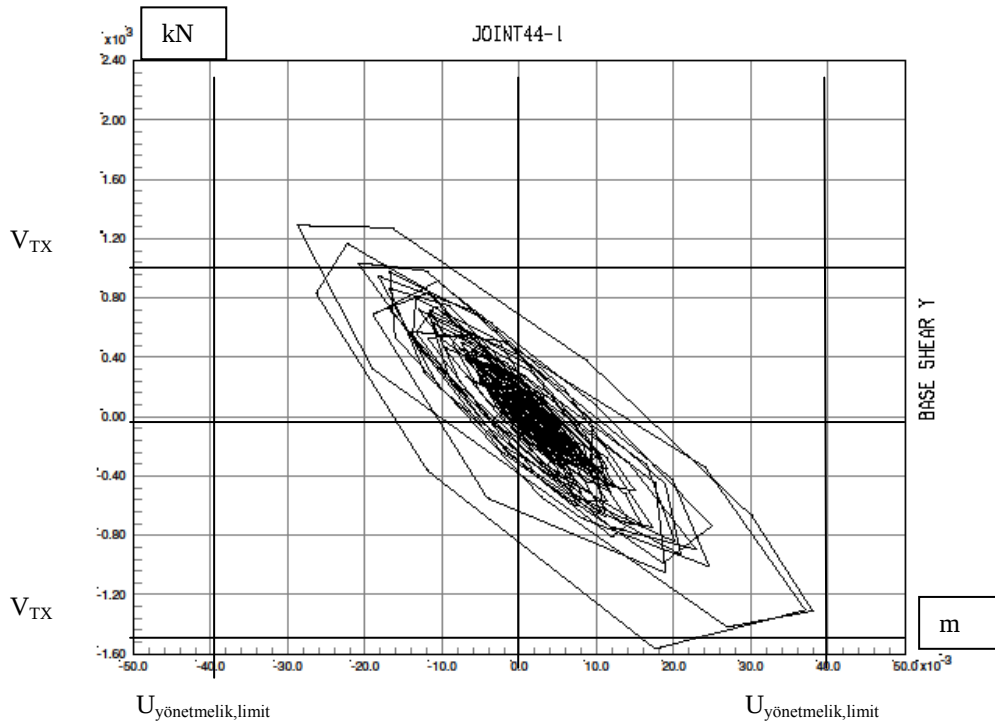
Şekil 5.11 : Taban kesme kuvvetinin x yönünde zamana bağlı değişim grafiği (Van Muradiye kayıtları) (orjinal kayıt)



Şekil 5.12 : Taban kesme kuvvetinin y yönünde zamana bağlı değişim grafiği (Van Muradiye kayıtları) (orjinal kayıt)



Şekil 5.13 : En üst kat yerdeğiştirmesi – Taban kesme kuvveti değişimi, x yönü (orjinal kayıt)



Şekil 5.14 : En üst kat yerdeğiştirmesi – Taban kesme kuvveti değişimi, y yönü (orjinal kayıt)

Binanın zemin kat kolonlarına ait kesme kuvveti taşıma kapasiteleri dikkate alındığında, yapının taban kesme kuvveti taşıma kapasitesi;

$V_T = W \times A_0 \times I \times S(T) / R = 4952 \times 0.30 \times 1.40 \times 2.50 = 1300 \text{ kN}$ olduğu hesaplanmıştır. Şekil 5.12den $V_{\max}=1130 \text{ kN}$ değeri; gerekse Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’ deki çevrim diyagramlarında orjinal kayıtlar etkisinde kesme kuvveti kapasitesinin aşılmadığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla gerek 1. normal kat kolonunun hasar durumunu yakalamak adına, SAP2000’de kesme tipi mafsall kullanılmadığı için eğilme etkileri etkisinde şekil değiştirme/dönme düzeylerinin yönetmelik gereği yakalanabilmesi amacıyla yer hareketleri büyütülmüştür.

0.2 g mertebesindeki yükler etkisinde çözümü yapılan binada x ve y yönünde yer değiştirmelerin bir miktar arttığı Şekil 5.9, Şekil 5.10 ile Şekil 5.15, Şekil 5.16 nın karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesi ile fark edilmektedir. 0.2 g düzeyindeki yer hareketi etkisinde için $V_{bx}=1402.947 \text{ kN}$, $V_{by}=1956.747 \text{ kN}$ değerleri hesaplanmıştır.

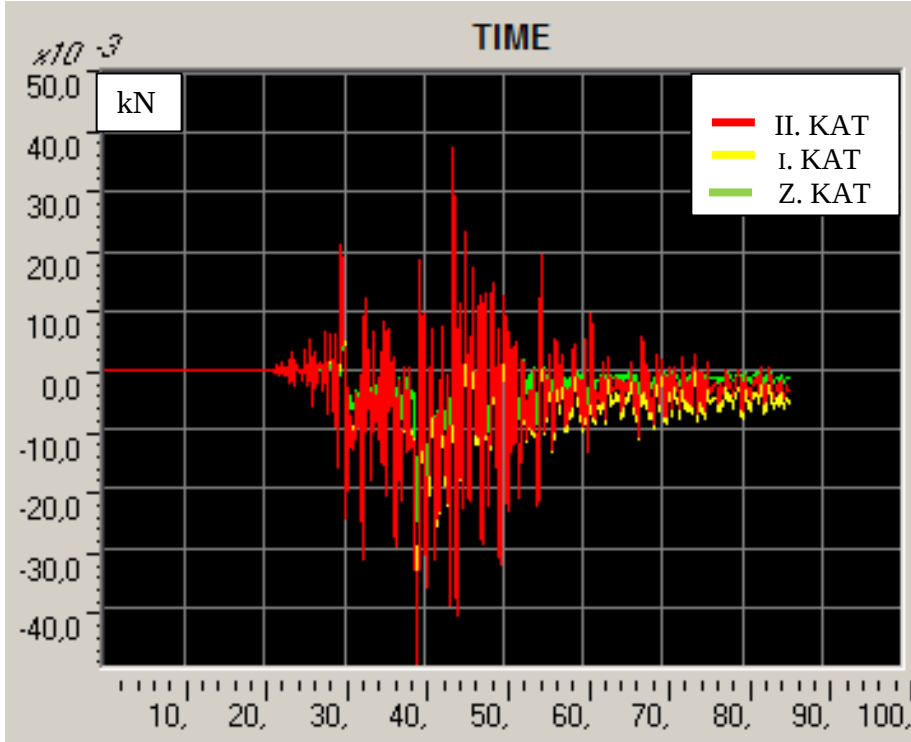
Yapısal düzensizlikler ayrıca incelendiğinde, binada görelî kat ötelemelerinin 0.000034 mertebesinde olduğu ve yönetmelik sınırı olan 0.02 değerini aşmadığı anlaşılmaktadır. Diğer yandan yönetmelikte A1 olarak adlandırılan burulma düzensizliği katsayısına ait hesaplamalar Çizelge 5.2 ‘de verilmekte olup η_{bi} ’nin en büyük değeri bina x-x doğrultusu için 1.01; y-y doğrultusu için ise 1.33 değerindedir. Dolayısıyla binanın y-y doğrultusu için burulma düzensizliği söz konusudur.

Çizelge 5.2 : Burulma düzensizliği kontrolü- x yönü

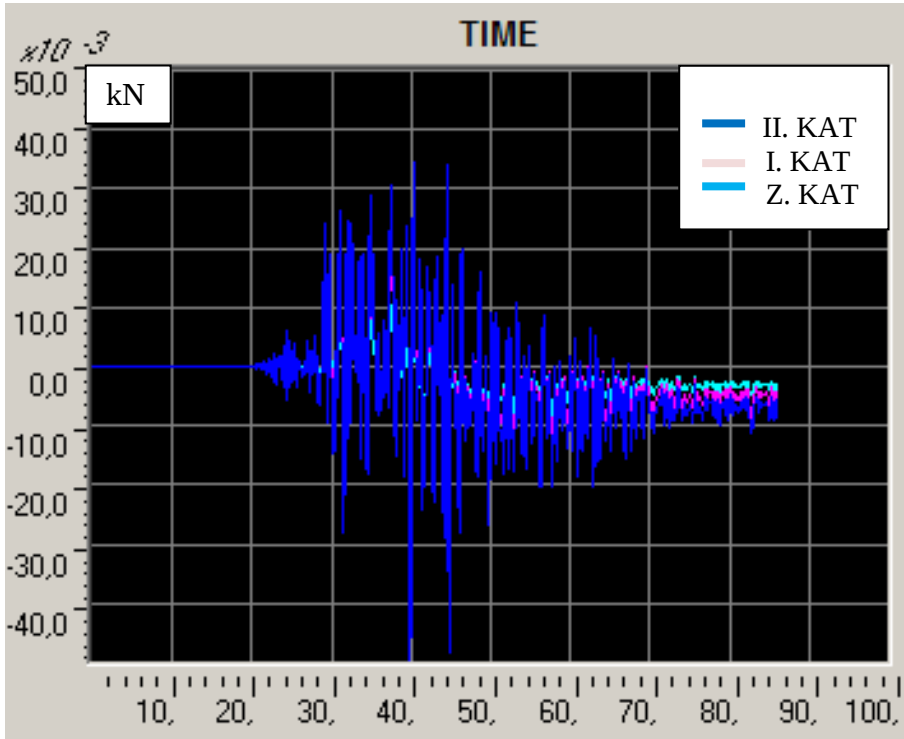
Kat		Toplam Kat Yerdeğİstİrmeleri			Görelî kat Yerdeğİstİrmeleri			Bina Boyutları			A1 KONTROLÜ	
		ux (cm)	uy (cm)	rz	$\Delta_{ort,x}$ (cm)	$\Delta_{ort,y}$ (cm)	θ (rad)	Hi (m)	X (m)	Y (m)	$\Delta_{\max}$ (cm)	$\Delta_{\max}/\Delta_{ort}$
II. NORMAL KAT	EX	0.8364	0.2408	6.708E-06	0.6161	0.0064	0.0000	2.65	19.20	8.85	0.6211	1.0081
I. NORMAL KAT	EX	1.4525	0.2472	1.800E-05	0.6856	0.0208	0.0000	2.65	19.20	8.85	0.6892	1.0052
ZEMİN KAT	EX	2.1381	0.268	0.000026	2.1381	0.2680	0.0000	2.65	19.20	8.85	2.1496	1.0054

Çizelge 5.3 : Burulma düzensizliği kontrolü- y yönü

Kat		Toplam Kat Yerdeğİstİrmeleri			Görelî kat Yerdeğİstİrmeleri			Bina Boyutları			A1 KONTROLÜ	
		ux (cm)	uy (cm)	rz	$\Delta_{ort,x}$ (cm)	$\Delta_{ort,y}$ (cm)	θ (rad)	Hi (m)	X (m)	Y (m)	$\Delta_{\max}$ (cm)	$\Delta_{\max}/\Delta_{ort}$
II. NORMAL KAT	EY	0.2234	1.4941	0.001132	0.2011	1.4049	0.0002	2.65	19.20	8.85	1.5642	1.1134
I. NORMAL KAT	EY	0.0223	2.8989	0.001298	0.0067	0.9038	0.0000	2.65	19.20	8.85	0.9038	1.0000
ZEMİN KAT	EY	0.029	3.8027	0.001298	0.0290	3.8027	0.0013	2.65	19.20	8.85	5.0488	1.3277



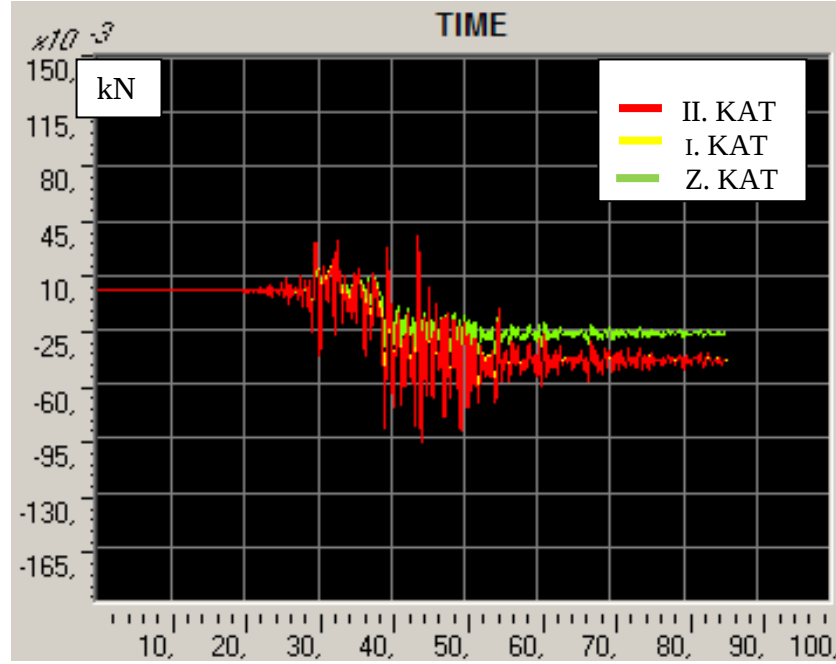
Şekil 5.15 : Tüm katlar için x yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.2 g için)



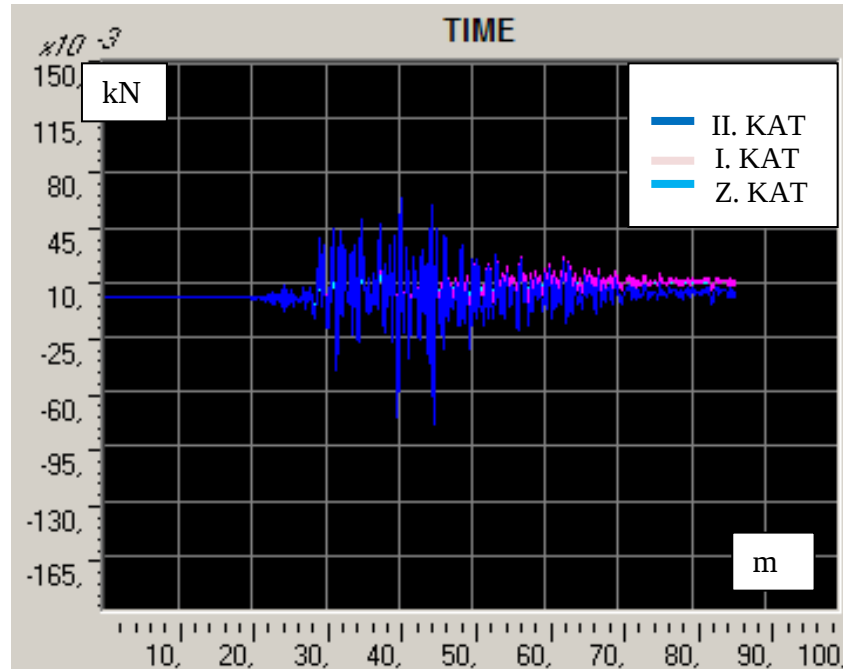
Şekil 5.16 : Tüm katlar için y yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.2 g için)

Çözümlerin 0.3 g için yenilenmesi sonucunda Şekil 17 ve Şekil 18' de görüldüğü üzere yerdeğiştirmenin arttığı ayrıca kalıcı yerdeğiştirme miktarının da arttığı

anlaşılmaktadır. Diğer yandan taban kesme kuvveti istemleri ise bina x-x ve y-y doğrultuları için sırasıyla $V_{b,x}= 2109.075 \text{ kN}$ $V_{b,y}= 3262.898 \text{ kN}$ değerlerine yükselmektedir.

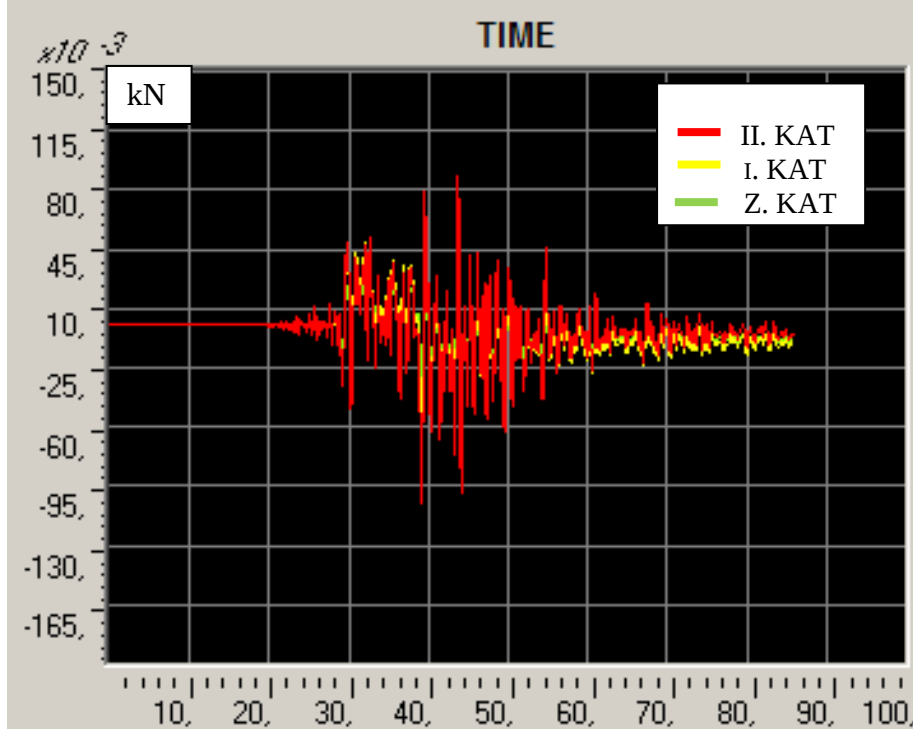


Şekil 5.17 : Tüm katlar için x yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.3 g için)

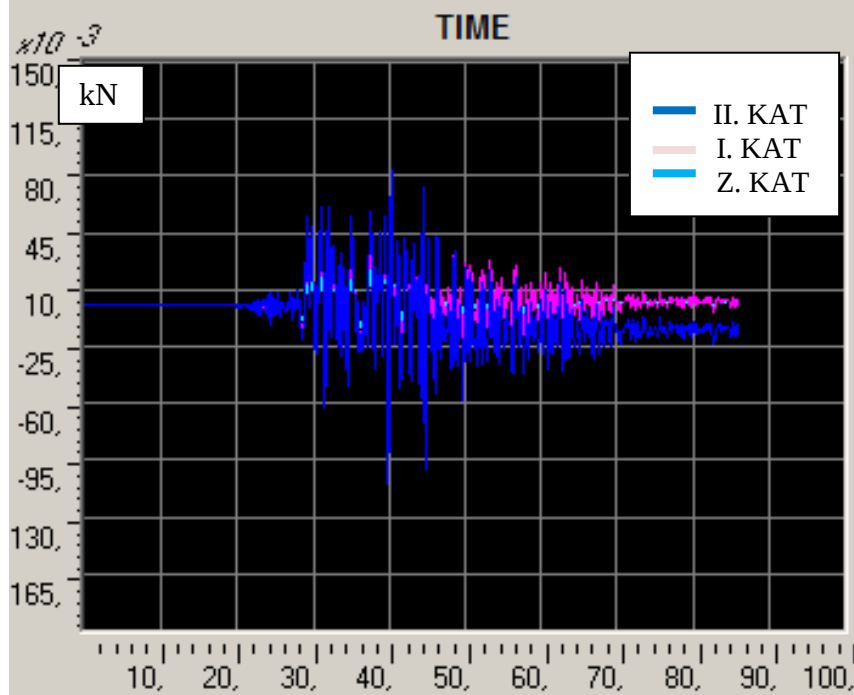


Şekil 5.18 : Tüm katlar için y yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.3 g için)

İvme düzeyinin 0.4 g seviyesine artırılması sonucunda benzer olarak yerdeğiştirmeler artmaktadır (Şekil 5.19 ve Şekil 5.20). Taban kesme kuvveti istemleri de $V_{b,x} = 2676.215 \text{ kN}$ $V_{b,y} = 4352.613 \text{ dir.}$

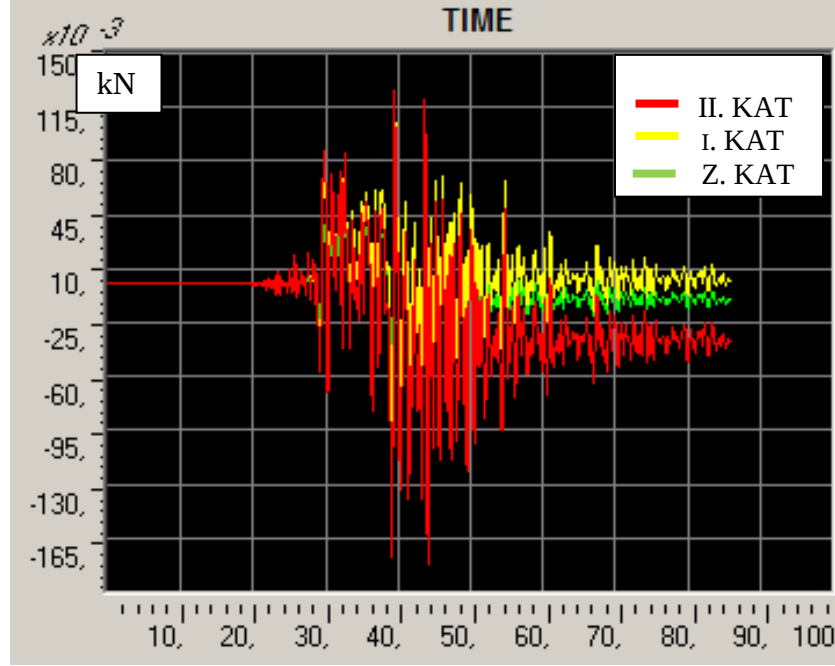


Şekil 5.19 : Tüm katlar için x yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.4 g için)

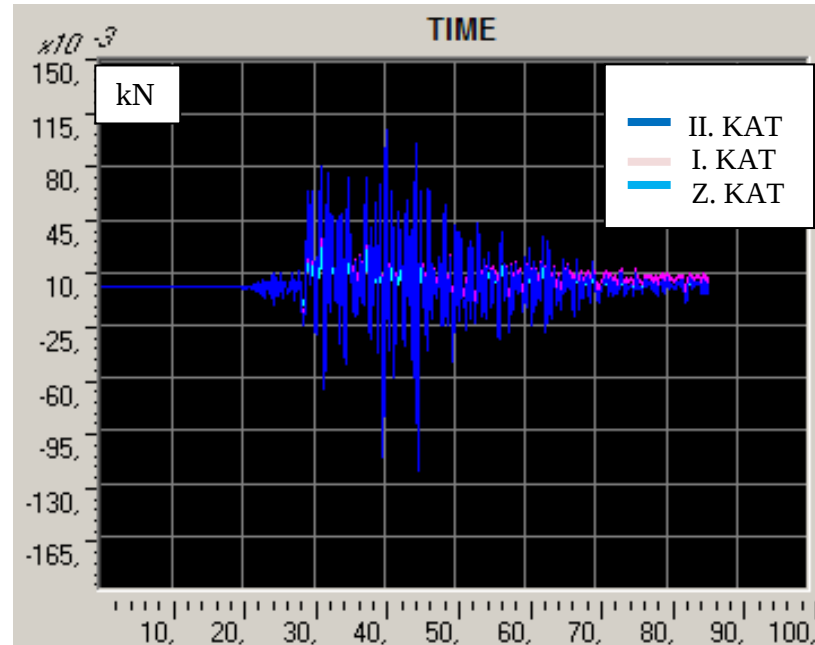


Şekil 5.20 : Tüm katlar için y yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.4 g için)

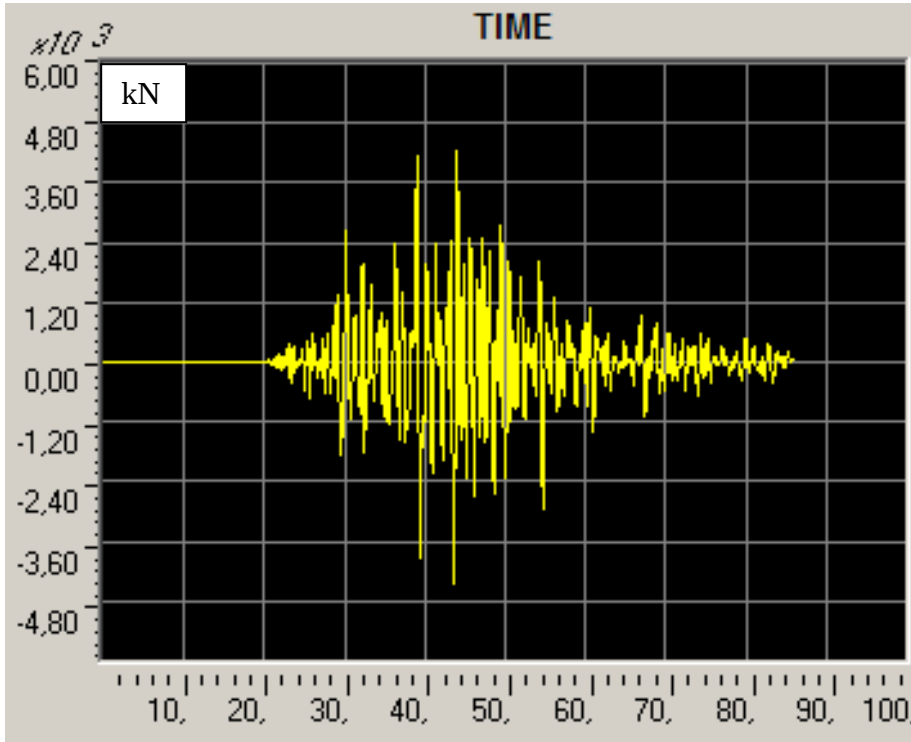
0.5 g düzeyindeki kayıtlar etkisinde yapılan çözümlemelerde daha sonrasındaki bölümde ayrıntılı olarak açıklanacak olmakla birlikte taşıyıcı sistem elemanlarından göçme düzeyi hasar durumuna ulaşıldığı belirlenmiştir. Şekil 5.23 ve Şekil 5.24’ de görüldüğü üzere taban kesme kuvveti değerleri 0.4 g değerlerine oranla açıkça artmıştır.



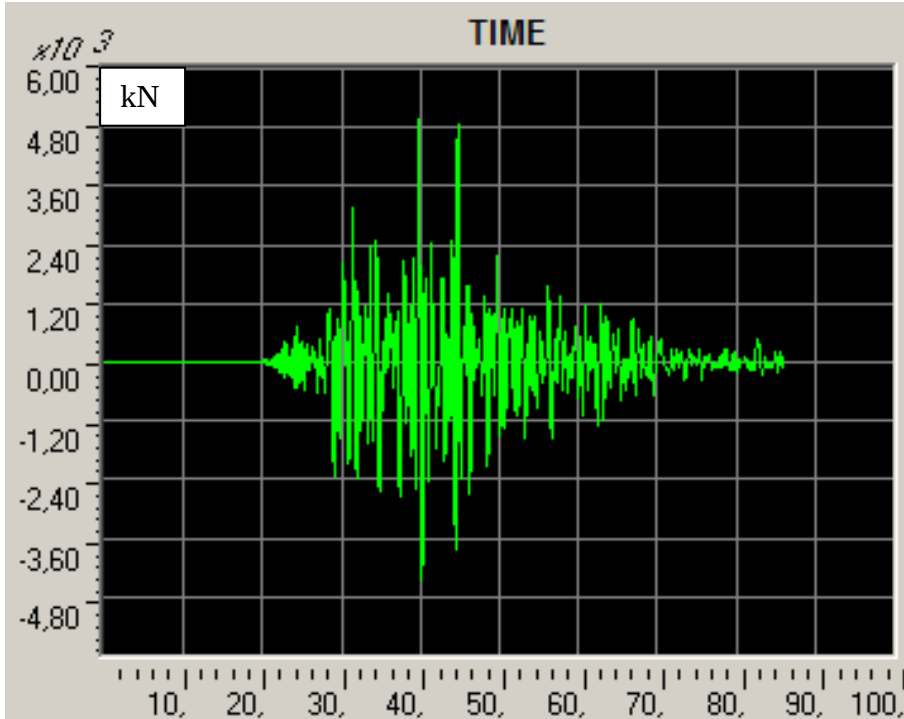
Şekil 5.21 : Tüm katlar için x yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.5 g için)



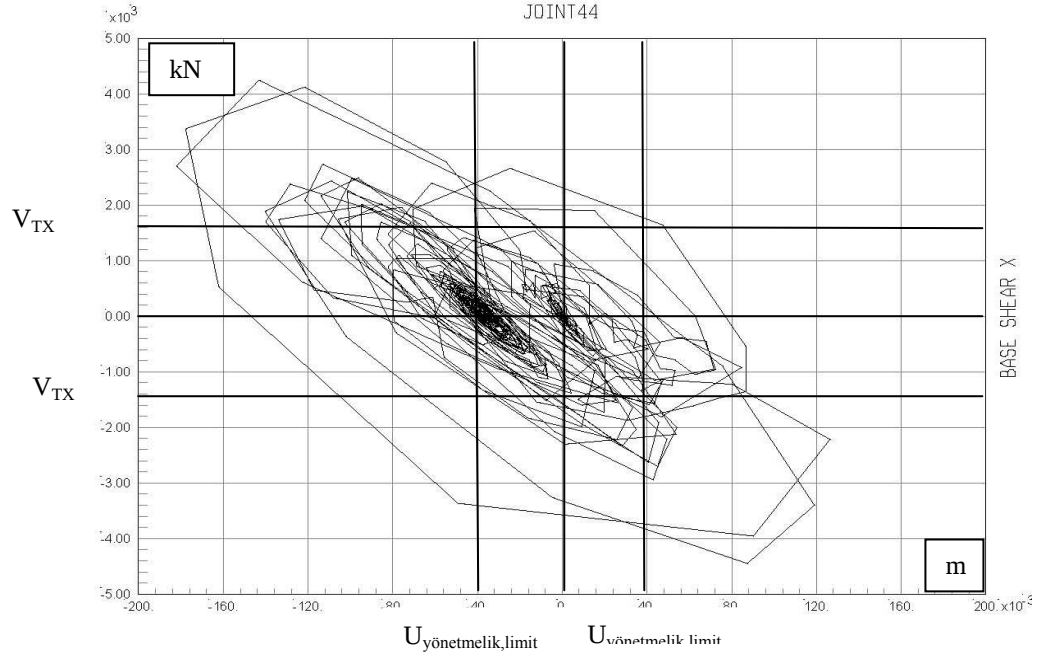
Şekil 5.22 : Tüm katlar için y yönü yerdeğiştirme-zaman grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.5 g için)



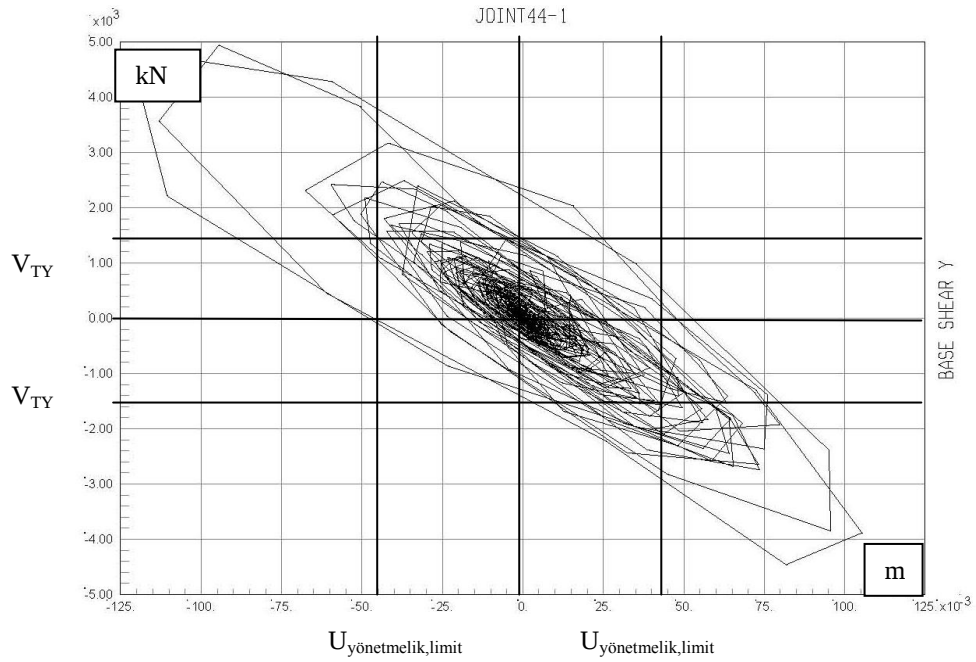
Şekil 5.23 : Taban kesme kuvvetinin x yönünde zamana bağlı değişim grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.5g için)



Şekil 5.24 : Taban kesme kuvvetinin x yönünde zamana bağlı değişim grafiği (Van Muradiye kayıtları) (büyütme faktörü 0.5g için)



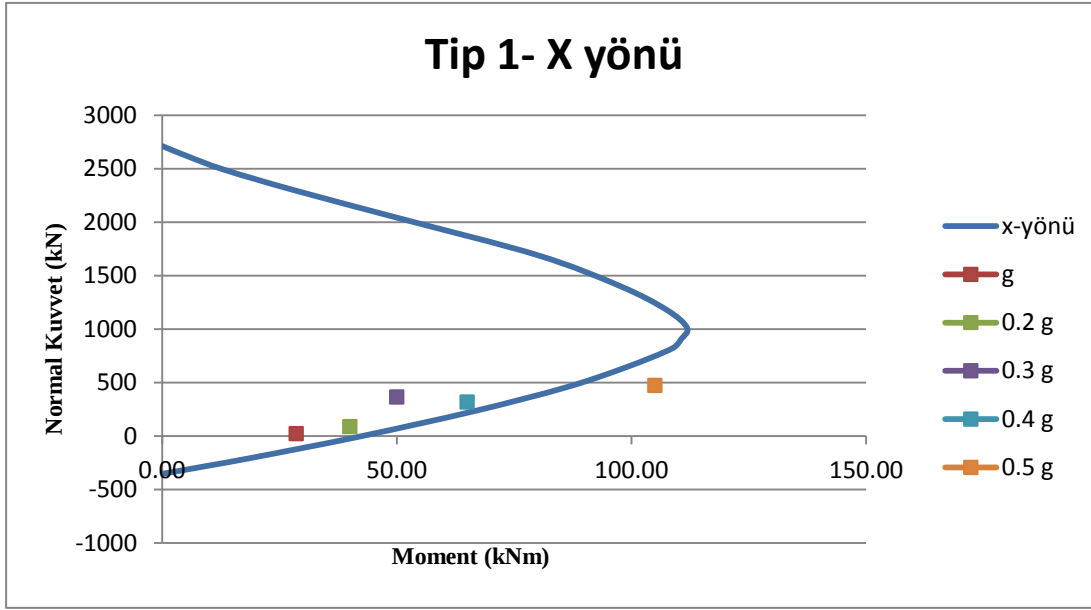
Şekil 5.25 : En üst katın x yönü taban kesme kuvvetine göre değişimi (Van Muradiye kayıtları-Büyütme faktörü 0.5g için).



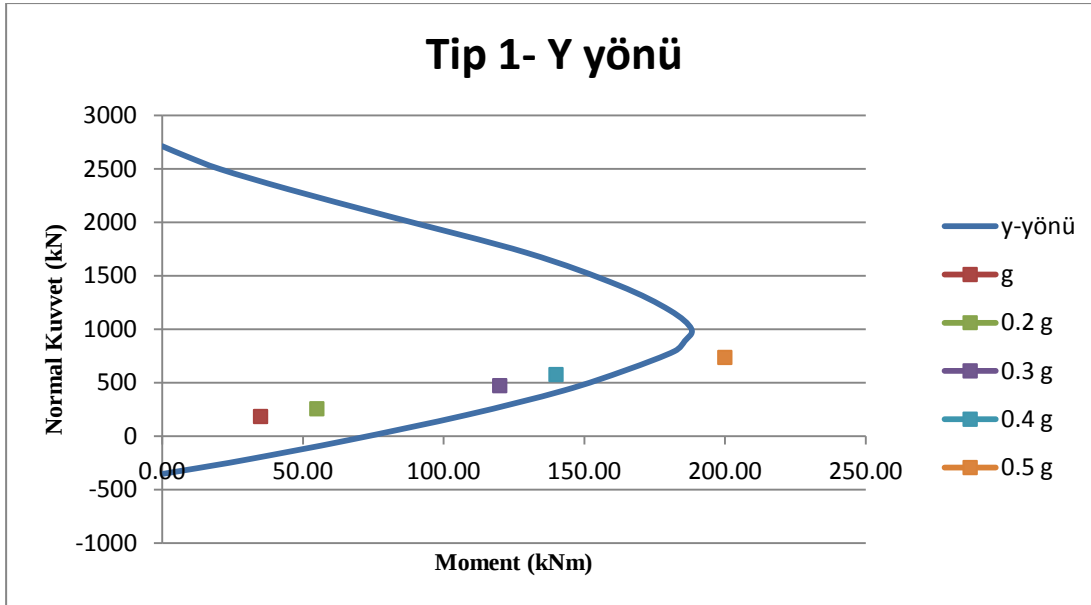
Şekil 5.26 : En üst katın y yönü taban kesme kuvvetine göre değişimi (Van Muradiye kayıtları-Büyütme faktörü 0.5g için).

Yönetmelik gereği (δ_i)= $R \times \Delta_i$ 'den görel kat ötelemelerine bağlı olarak etkin görel kat ötelemesi belirlenir. Daha sonra, $(\delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.02$ olduğundan maksimum yerdeğiştirme;

$R=4$ çerçeve sistemler için; $\sum d = (0.02/4) \times 2650 \times 3 = 39.75$ mm olarak hesaplanır.



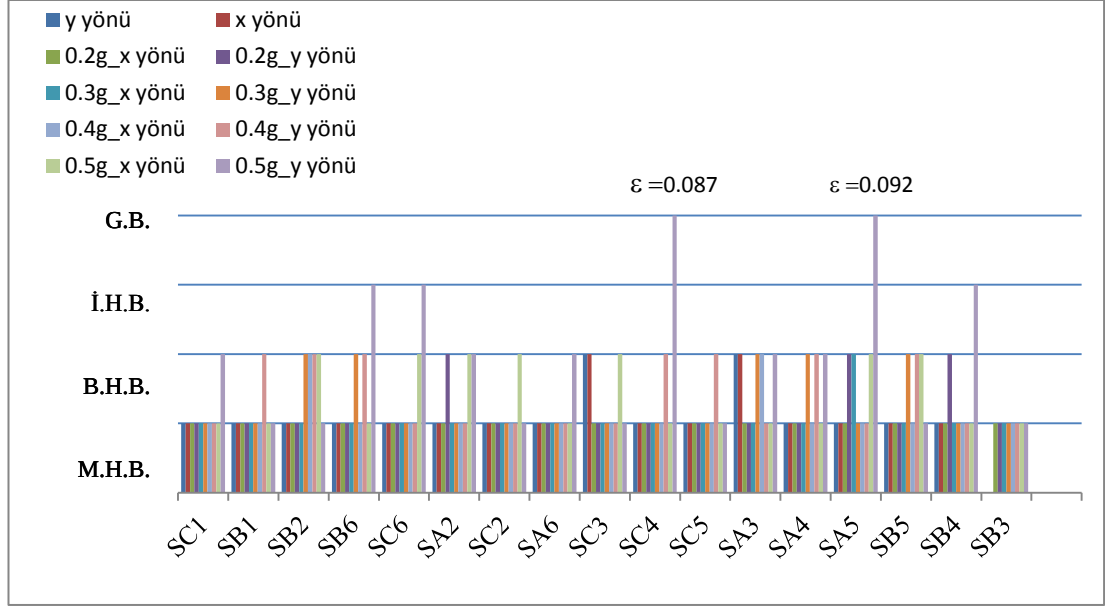
Şekil 5.27 : Tip 1 kolonu x yönü karşılıklı etki diyagramı



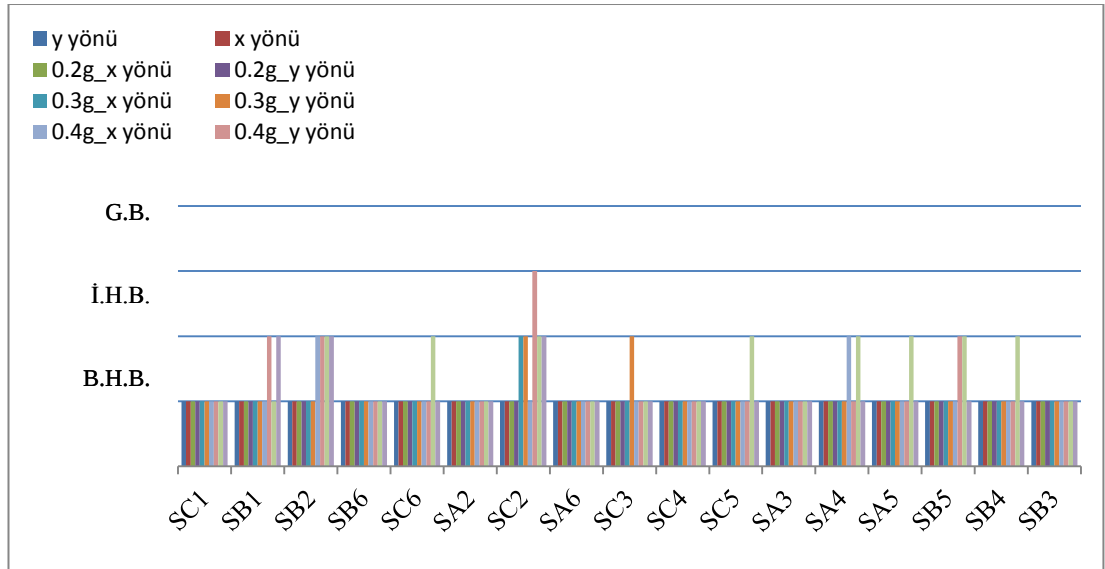
Şekil 5.28 : Tip 1 kolonu y yönü karşılıklı etki diyagramı

23 Ekim 2011 Van depremine ait Muradiye kayıtlarının devamında binaya yörede tekrar etkisini gösteren 9 Kasım 2011 depremini ait Van merkez kayıtları etkilmiştir. Van Muradiye arkasından Van Merkez depremlerinde hasar gören iki tip kolona ait karşılıklı etki diyagramları Şekil 5.27 ve Şekil 5.28’ de verilmiştir. Görüldüğü gibi x-yönünde ve y-yönünde 0.5g mertebesinde taşıyıcı elemanların kapasitesi aşılmaktadır. Bu durum hasar tespitleri çizdirilen grafiklerle de doğrulanmakta olup benzer bulgular Taşkın (2012) ; Aydan (2012)de yer almaktadır.

Bahsi geçen diyagramlarda depremde önemli düzeyde hasar gören SA5 kolonuna ait iç kuvvet değerleri işaretlenmiştir. Benzer inceleme tüm kolonlar için yapılmış olup SC3 kolonu da göçme sınırına ulaşmış, diğer kolonlarda da belirgin hasarlar tespit edilmiştir.

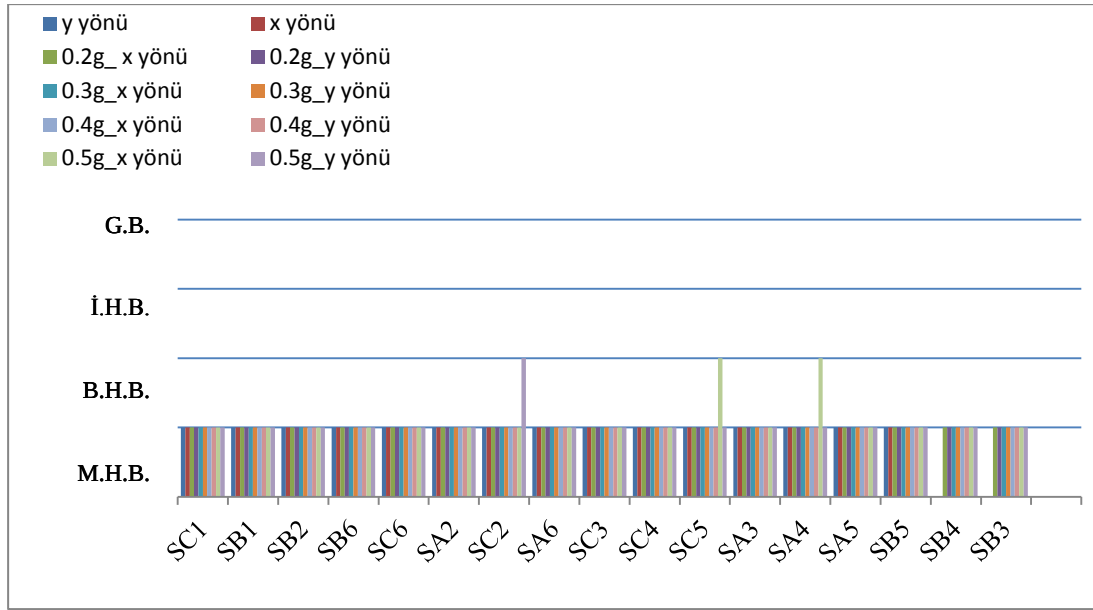


Şekil 5.29 : Muradiye KG etkisinde zemin kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi

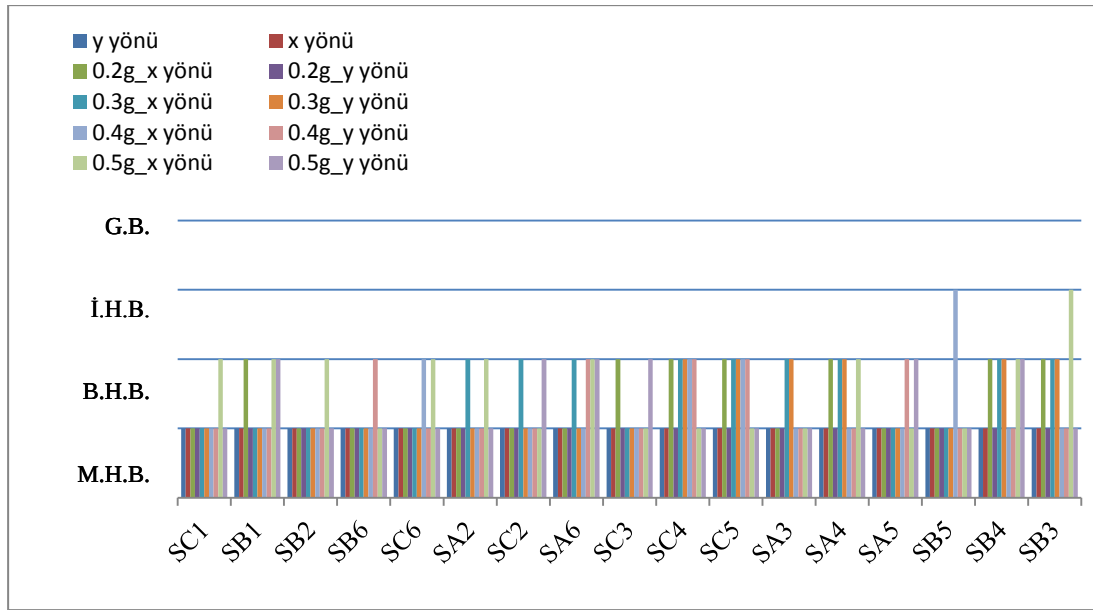


Şekil 5.30 : Muradiye KG etkisinde birinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi

Şekil 5.29 da zemin kat kolonlarına ait x-yönü hasar durumları farklı büyütme faktörleri kullanılarak oluşturulmuştur. Şekil 5.31 de ise birinci kat kolonlarına ait x-yönü hasar durumları farklı büyütme faktörleri kullanılarak oluşturulmuştur.

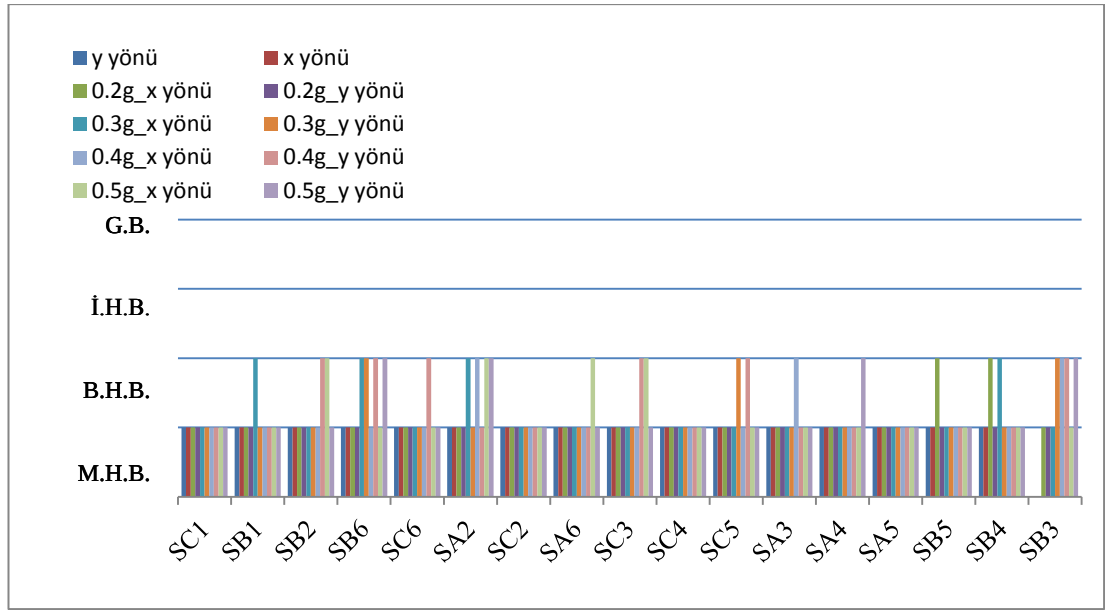


Şekil 5.31 : Muradiye KG etkisinde ikinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi

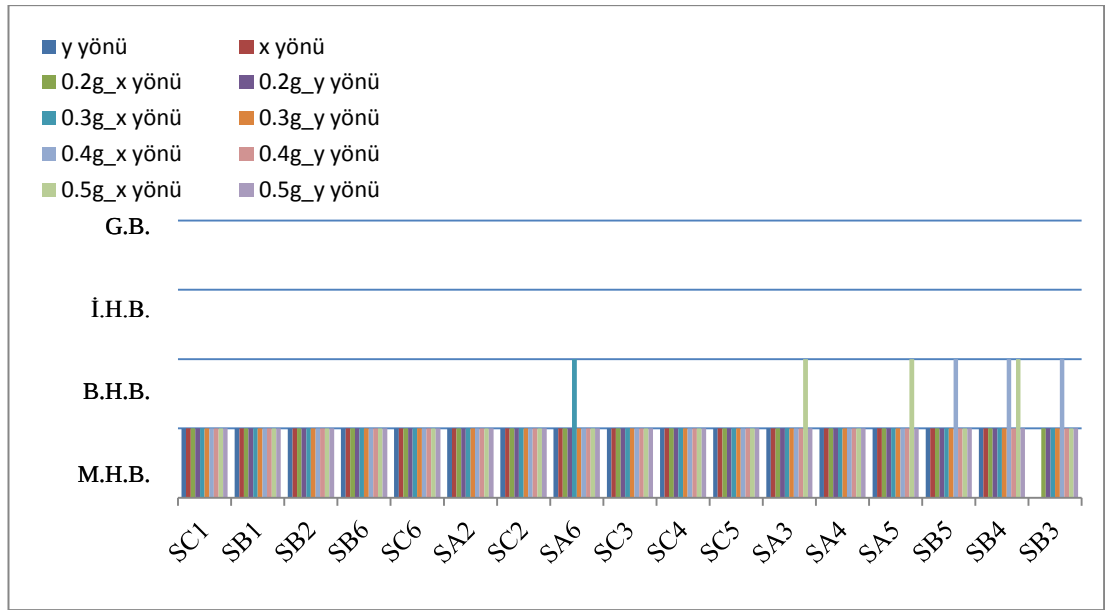


Şekil 5.32 : Muradiye DB etkisinde zemin kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi

Şekil 5.31 de ikinci kat kolonlarına ait x-yönü hasar durumları farklı büyütme faktörleri kullanılarak oluşturulmuştur. Şekil 5.32 da ise zemin kat kolonlarına ait y-yönü hasar durumları farklı büyütme faktörleri kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 5.33 : Muradiye DB etkisinde birinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi



Şekil 5.34 : Muradiye DB etkisinde ikinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi

Şekil 5.33’de birinci kat kolonlarına ait y-yönü hasar durumları farklı büyütme faktörleri kullanılarak oluşturulmuştur. Şekil 5.34 de ise ikinci kat kolonlarına ait y-yönü hasar durumları farklı büyütme faktörleri kullanılarak oluşturulmuştur.

Örnek olarak ön 1. kattaki kolon için kesme kontrolü yapmak istenirse kolonun taşıma kapasitesi 84.34kN iken farklı ölçekleme faktörleri kullanılarak yapılan hesaplara ait kolonda meydana gelen kesme kuvveti karşılaştırılarak, kolonun kesme göçmesine ulaştığı mertebe belirlenmiştir.

Çizelge 5.4 : Farklı ölçekleme faktörleri için kolona ait kesme kuvveti değerleri

	x-x doğrultusu V_{max} (kN)	y-y doğrultusu V_{max} (kN)
Orjinal	58.00	64.86
0.2 g	144.35	95.32
0.3 g	159.837	163.181
0.4 g	264. 814	177.188
0.5 g	319.759	190.851

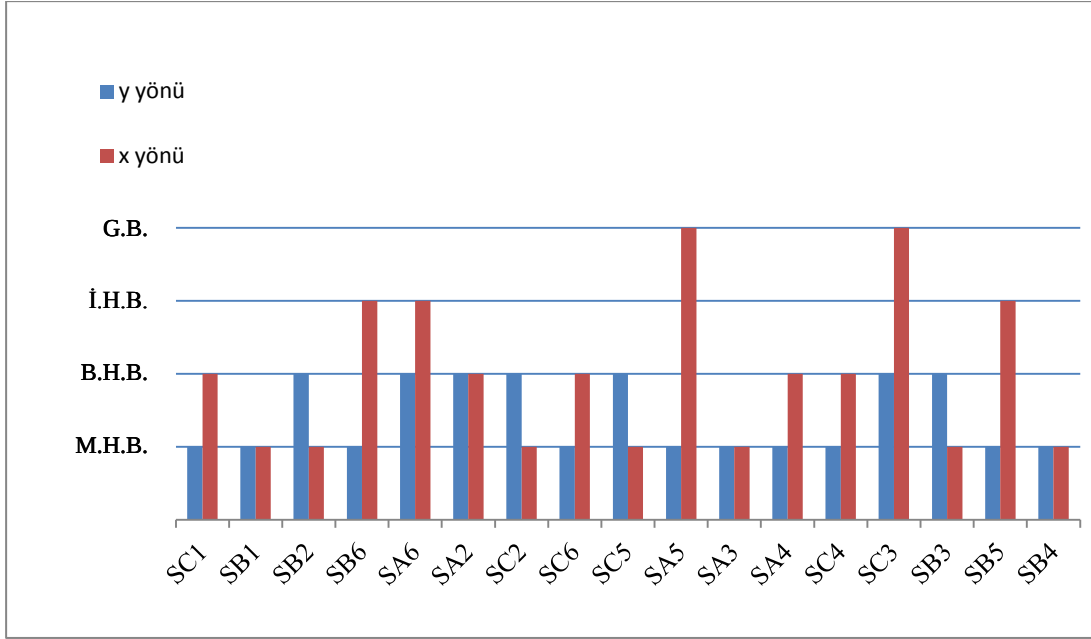
Çizelge 5.4’de görüldüğü gibi kolon kesme göçmesine 0.2 g mertebesinde ulaşmaktadır. Kolon 0.2 g mertebesinde göçmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

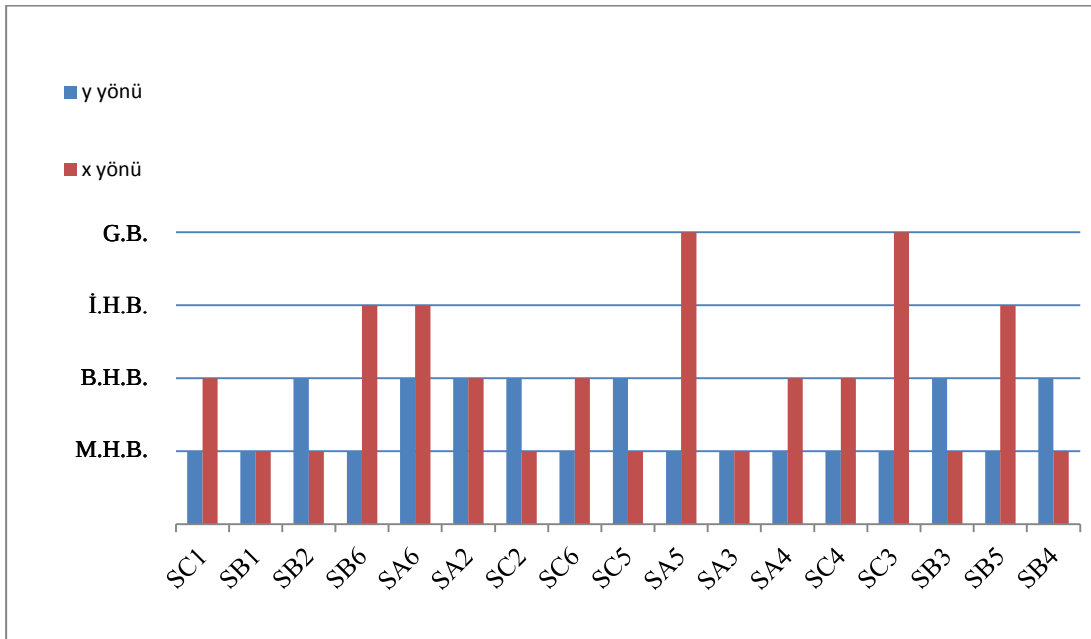
Bu çalışmada Van merkezine bağlı Alaköy yerleşiminde bulunan ve 23 Ekim 2011 Van depreminde hasar görmüş betonarme bir kurs binası ayrıntı olarak ele alınmıştır. Saha incelemesi sırasında gözlemlenen taşıyıcı sistem hasarlarının analitik bakımdan yakalanması hedeflenmiştir. Bu amaçla yapı SAP2000 bilgisayar programı ile modellenerek DBYBHY 2007' ye göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan çözümleme yapılmıştır.

Sargısız beton için yönetmelikte tanımlan model ve şekil değiştirme oranlarına bağlı hasar durumları göz önünde bulundurularak yapılan çözümlemeler sonucunda şu bulgulara ulaşılmıştır:

1. Kaydedilen en büyük ivme 179.5 gal olan Muradiye bileşenleri binanın her iki doğrultusuna aynı anda etkililerek yapılan çözümlemlerde binanın sahada gözlenen hasar düzeyine ulaşmadığı belirlenmiştir.
2. Farklı ölçekleme katsayılarıyla oluşturulan hesaplarda önce orjinal kayıt sonra 0.2 g, 0.3 g, 0.4 g ve 0.5 g değerlerine karşı gelen hesaplamalar yapılmıştır. Çözümleme sonuçlarında binadaki taşıyıcı elemanların göçme durumuna ulaştıkları belirlenmiştir.
3. 9 Kasım 2011 depremi sonrasında hasar durumu değişmemiş olan binada bu durum analitik olarak da ispatlanmıştır. 0.5 g düzeyine yükseltlen Muradiye kayıtlarının binada yarattığı şekil değiştirmeler aynen korunmak suretiyle binaya ikinci depremde Van Merkezde alınan kayıtlar etkililmiştir.Yapılan çözümleme sonuçlarına göre şekil değiştirmelerin hafifçe arttığı buna karşılık hasar durumunun sınırlı sayıda elemanda arttığı belirlenmiştir. Aşağıdaki Şekil 6.1 bu durumu karşılaştırmalı olarak göstermektedir.



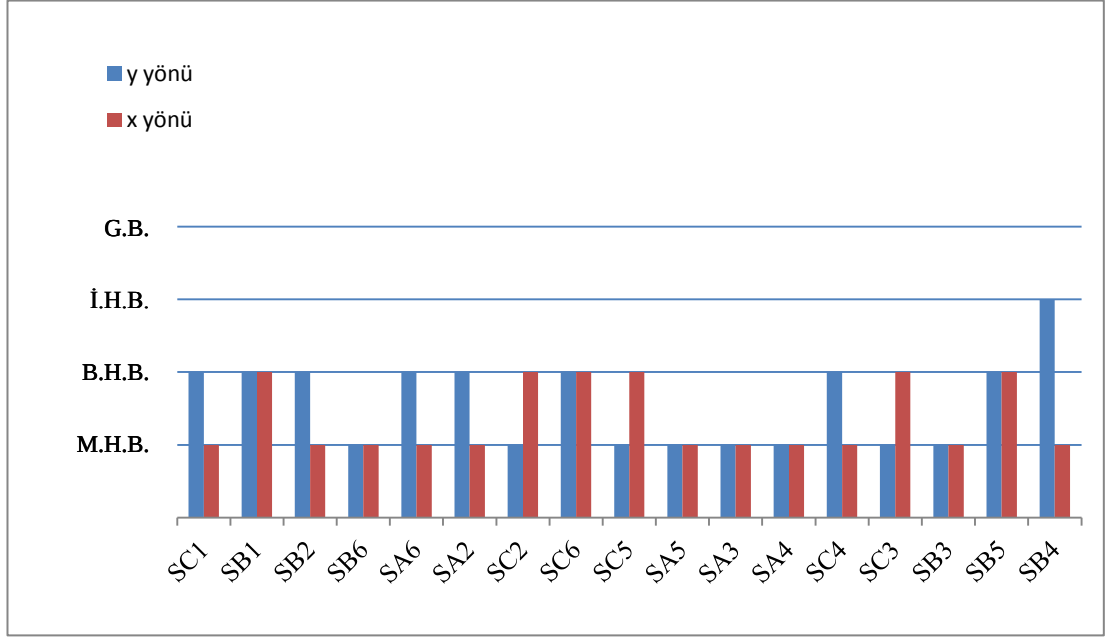
Şekil 6.1 : Muradiye KG etkisinde zemin kat kolonlarının hasar durumunun incelenmesi



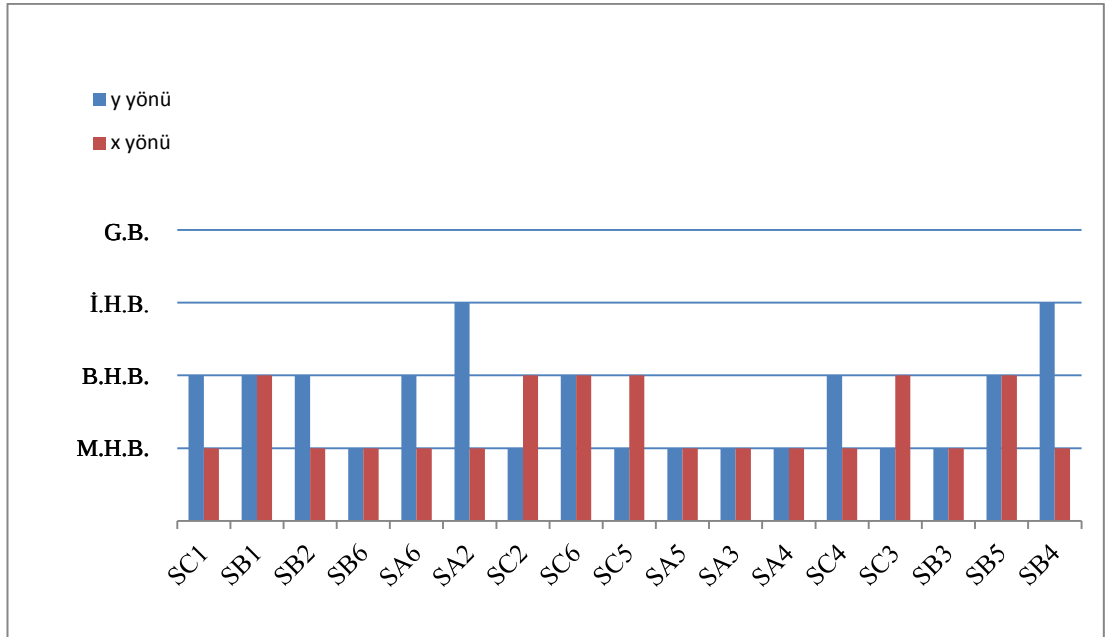
Şekil 6.2 : Muradiye KG ve Van merkez KG etkisinde zemin kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi

Van Muradiye kayıtlarına zemin kat kolonlarının x-yönündeki yükleme etkisinde yapılan çözümleme sonuçlarına göre, hasar durumlarına ait grafik Şekil 6.1’de verilmektedir. 0.5g için Van Muradiye kayıtları ile hesabı yapılan binaya ilave olarak Van Merkez kayıtlarının etkileri de eklenerek, bu iki depremin yapıda verdiği hasar karşılaştırılmaya çalışılmıştır. Şekil 6.2’de görüldüğü gibi, 23 Ekim depreminden

sonra Van Merkez kayıtları bulunan 9 Kasım depreminde var olan hasarlara ilave olarak büyük şekil değiştirmeler söz konusu olmamıştır.

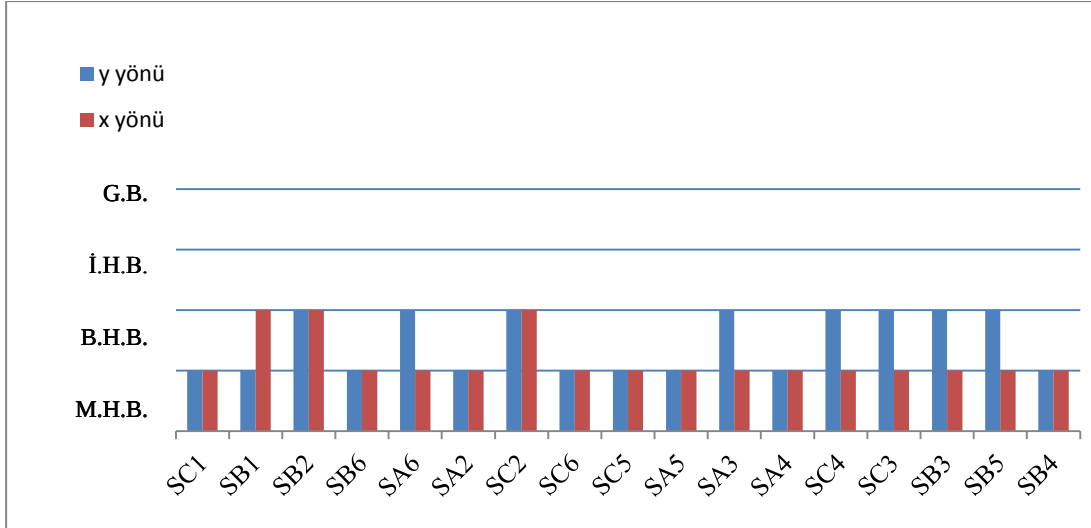


Şekil 6.3 : Muradiye DB etkisinde zemin kat kolonlarının hasar durumunun incelenmesi

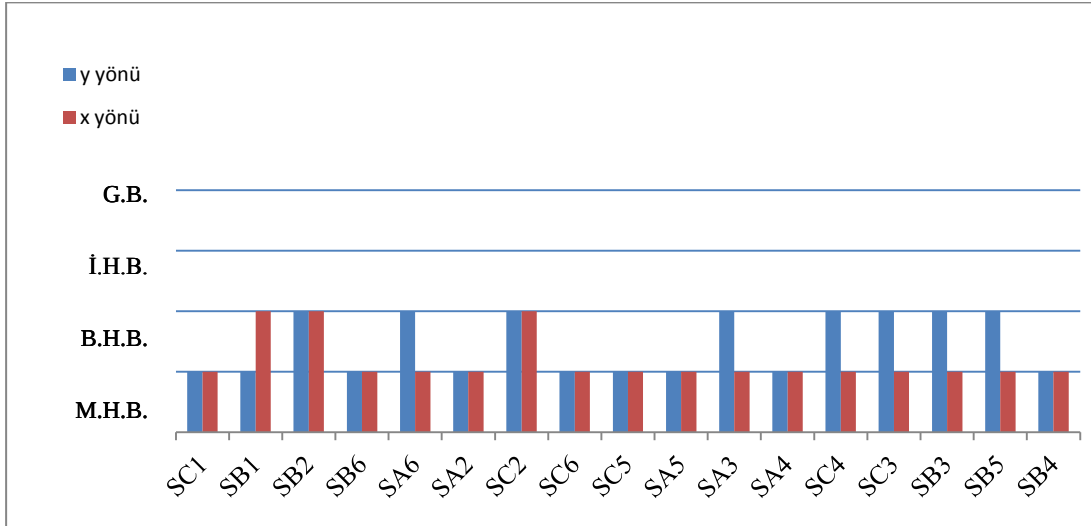


Şekil 6.4 : Muradiye DB ve Van merkez DB etkisinde zemin kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi

Şekil 6.3 ve Şekil 6.4 de ise depremin y-yönüne ait hasar durumları gösterilmektedir. X-yönüne oranla, y-yönünde hasar durumunda Şekil 6.4 de görüldüğü gibi bazı kolonlarda hasarlar ileri hasar mertebesine ulaşmıştır.

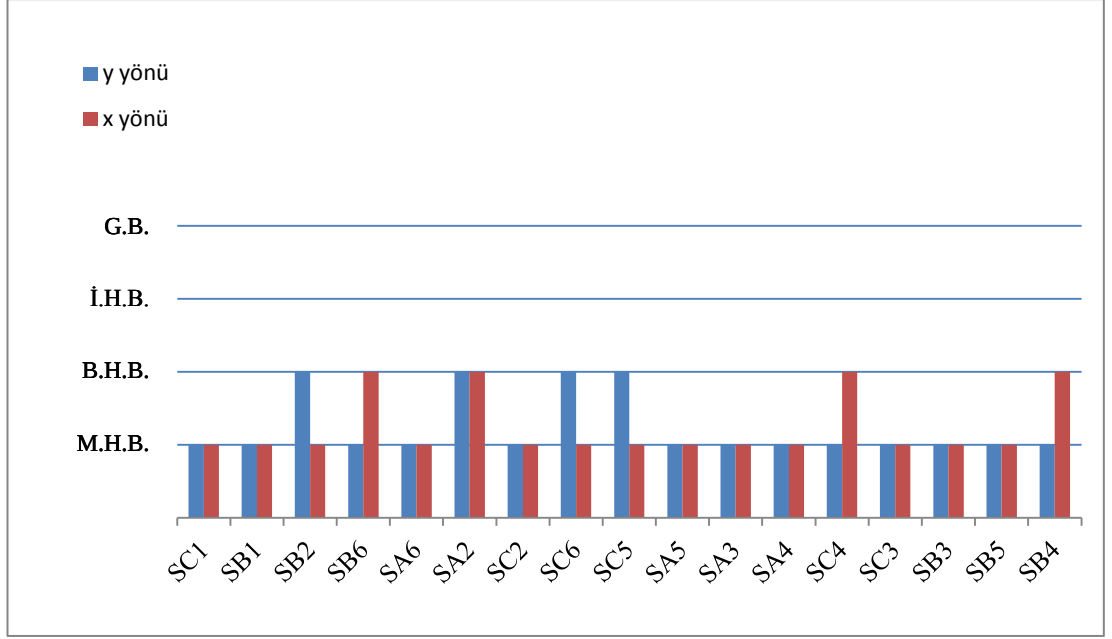


Şekil 6.5 : Muradiye KG etkisinde birinci kat kolonlarının hasar durumunun incelenmesi

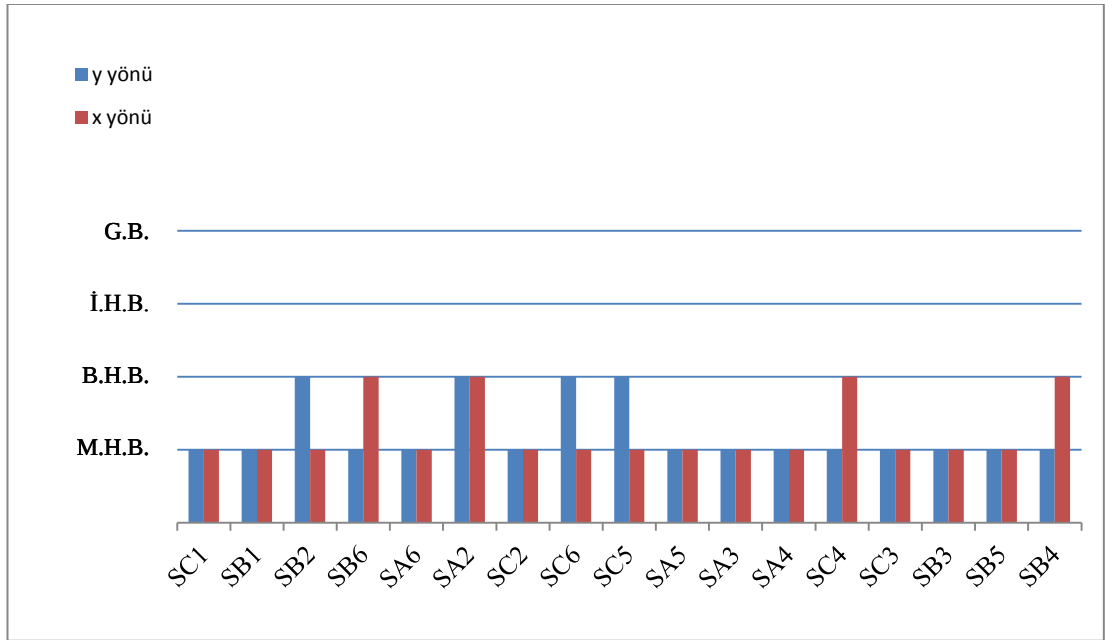


Şekil 6.6 : Muradiye KG ve Van merkez KG etkisinde birinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi

Zemin kat kolonlarının aksine birinci kat kolonlarında x-yönü ve y-yönünde hasar durumları değişmeyen taşıyıcı elemanlar Şekil 6.5 ve Şekil 6.6da görülmektedir.

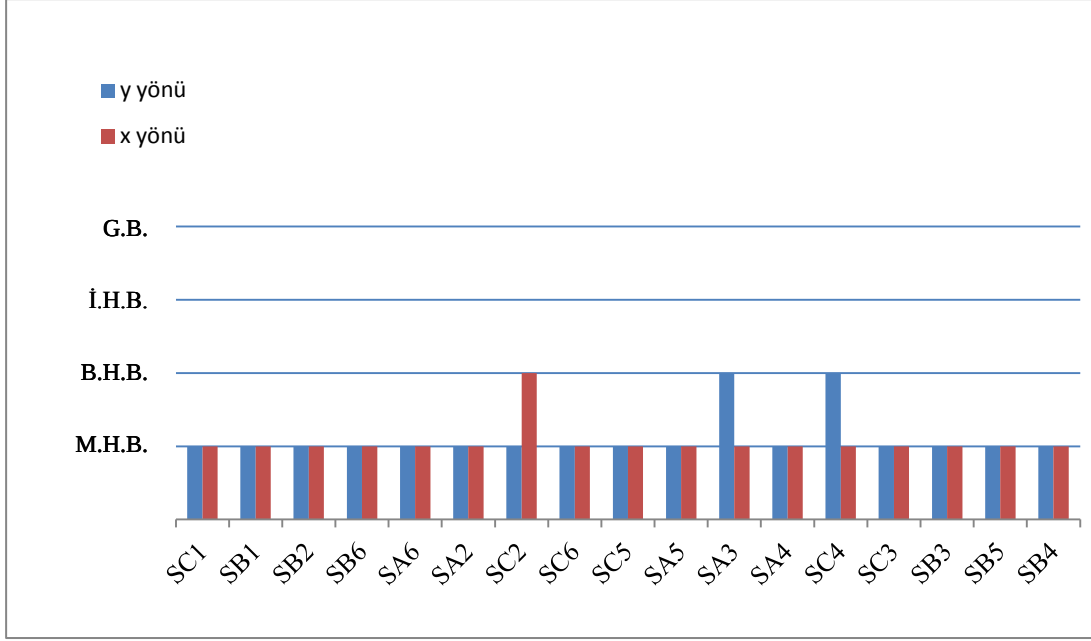


Şekil 6.7 : Muradiye DB etkisinde birinci kat kolonlarının hasar durumunun incelenmesi

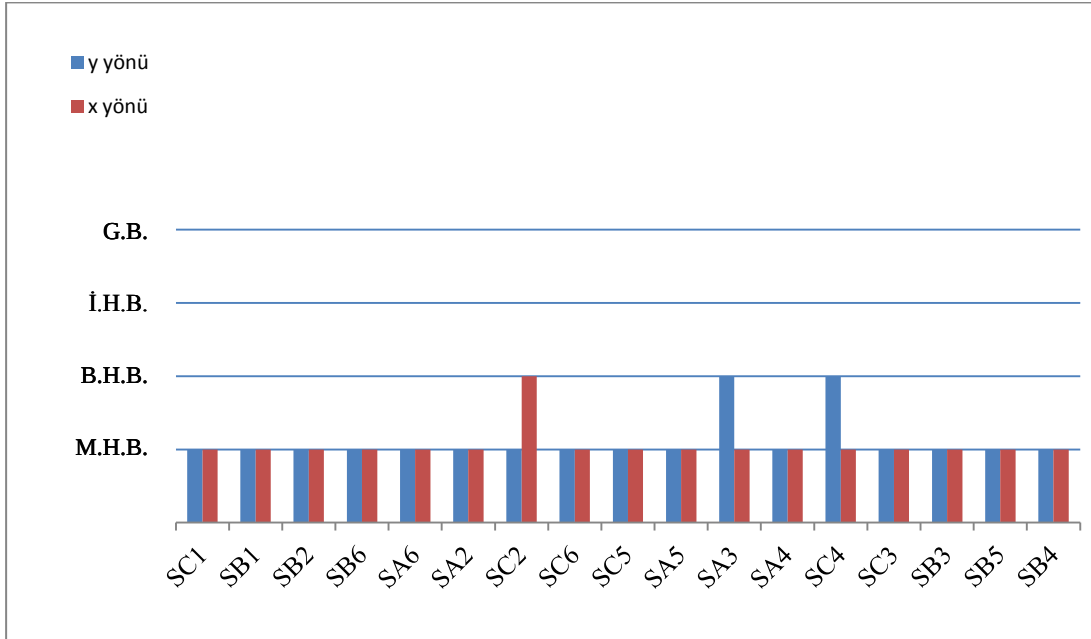


Şekil 6.8 : Muradiye DB ve Van merkez DB etkisinde birinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi

Y-yönünde Van Merkez kayıtları ile elde edilen hesaplarda hasar durumu ileri hasar durumuna ulaşan birinci kat kolonlarının aksine Şekil 6.6 ve Şekil 6.7de görüldüğü gibi ikinci kat kolonlarında değişim olmamıştır.

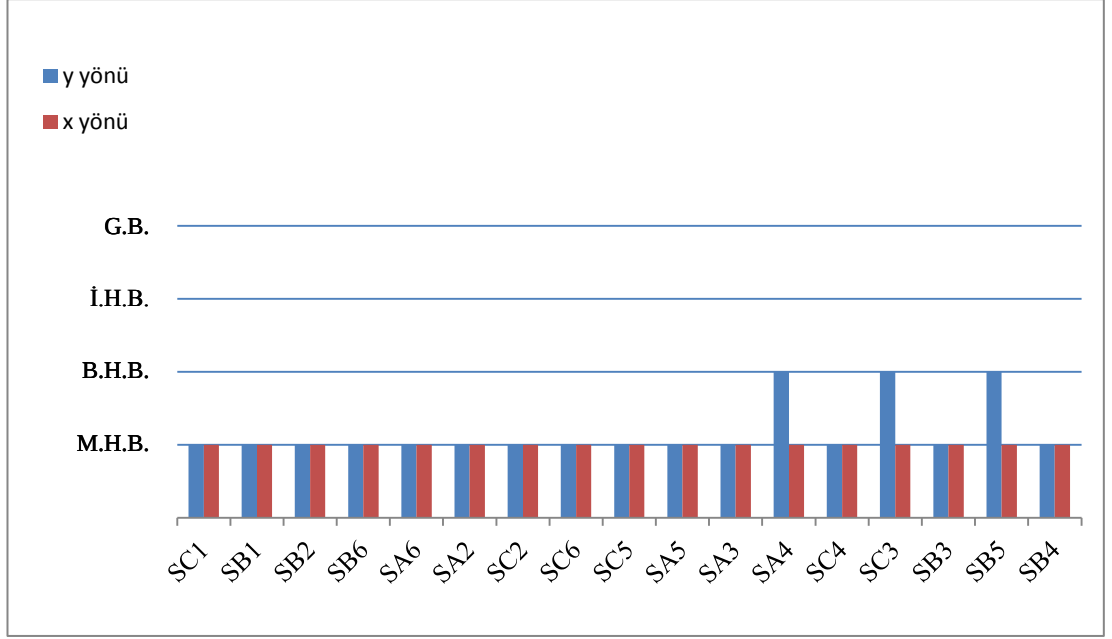


Şekil 6.9 : Muradiye KG etkisinde ikinci kat kolonlarının hasar durumunun incelenmesi

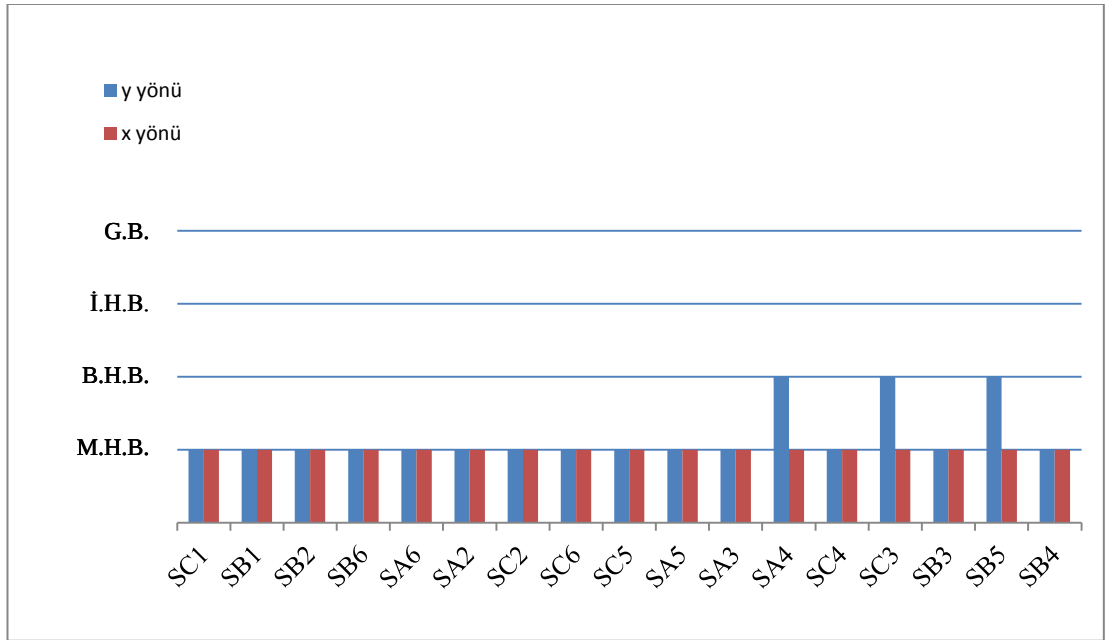


Şekil 6.10 : Muradiye KG ve Van merkez KG etkisinde ikinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi

Van Merkez kayıtlarının etkin olduğu x-yönü ikinci kat kolonları için hasar durumu Van Muradiye kayıtlarının etkin olduğu hasarları iletmemiştir. Bu iki depreme ait hasar durumları Şekil 6.9 ve Şekil 6.10da görülmektedir.



Şekil 6.11 : Muradiye DB etkisinde ikinci kat kolonlarının hasar durumunun incelenmesi



Şekil 6.12 : Muradiye DB ve Van merkez DB etkisinde ikinci kat kolonlarının hasar durumlarının incelenmesi

Şekil 6.11 ve Şekil 6.12 de ise iki deprem arasındaki şekildeğiştirme oranını karşılaştırmalı olarak görülmektedir.

Analiz yapılırken, beton malzemesinin sargısız olduğu koşula ait değerler kullanılmıştır. Yapıdaki kolon ve kirişlerde mafsallı oluşup oluşmayacağı gözlenmek istenmiştir. 23 Ekim 2011 Van Muradiye kayıtları kullanılarak oluşturulan

grafiklerde de görüldüğü gibi, göçme durumuna ulaşan hasar mevcuttur. Analitik olarak tespiti yapılmaya çalışılan bu hasarla beraber, 9 Kasım 2011 Van Merkez kayıtlarının da etkisinin ilave edilmesi sonrasında çok büyük yerdeğıştirmelerin meydana gelmediğı görülmüştür. Kurs binası asıl hasarını 23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen depremde aldığı söylenebilir.

Farklı büyütme faktörleri ile oluşturulan hesaplarda önce 0.01 g, 0.2g, 0.3 g, 0.4g ve son olarak da 0.5g değerlerine karşı gelen hesaplamalar yapılmıştır. Görülmüştür ki, binadaki taşıyıcı elemanlar adım adım minimum hasardan göçme durumuna erişmektedir.

Deprem kuşağında yeralan ülkemizde varolan deprem kayıtları ile bu ve benzeri yapılarda zaman tanım alanında doğrusal olmayan yöntemlerin uygulanması daha gerçekçi yaklaşımlar sağlamaktadır. Bu nedenle tasarımlar yapılırken lineer çözümlerin yanısıra lineer olmayan çözümler de yapılmalı ve elemanların kapasiteleri daha gerçekçi bir yaklaşımla belirlenmelidir.

KAYNAKLAR

- Ammon, C.** (1991). The isolation of receiver effects from teleseismic P waveforms, Bull. Seism. Soc. Am., 81, 2504-2510.
- Aydan, Ö.** (2011) The characteristics of the triggered 2011 Van-edremit earthquake and induced damage
- Taşkın, B.** (2011) The aftermath of 2011 Van earthquakes: evaluation of strong motion, geotechnical and structural issues
- Bommer, J., Martínez-Pereira, A.** (1999). The Effective Duration of Earthquake Strong Motion, Journal of Earthquake Engineering, 3, 127-172,.
- Bommer, J., Acevedo, A.B.** (2004). The Use of Real Earthquake Accelerograms as Input to Dynamic Analysis, Journal of Earthquake Engineering, Special Issue, 8(1):43–91.
- Boorea, D. and Bommerb J.** Processing of strong-motion accelerograms: needs, options and consequences.
- Celep, Z.** (2007). Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Celep, Z. ve Kumbasar, N.** (2004). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Cong, L., and Mitchell, B.** (1998). Lg Coda Q and its relation to the Geology and Tectonics of the Middle East, PAGEOPH, 153, 563-585.
- Çakıroğlu, A., Özden, E., Özmen, G.** (1992). Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Matris Metodları ve Elektronik Hesap Makinesi Programları, Cilt I *İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası*, İstanbul.
- Çakıroğlu, A., Özden, E., Özmen, G.** (1992). Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Matris Metodları ve Elektronik Hesap Makinesi Programları, Cilt II, *İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası*, İstanbul.

Çeken, U. Türkiye Kuvvetli Yer Hareket Kayıt Şebekesi ve 12 Kasım Düzce Depreminin İvmesi.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, DBYBHY 2007. Bayındırlık Bakanlığı, Ankara.

Eurocode-8, European Committee for Standardisation TC250/SC8/ [2003]: Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures, Part 1.1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings, PrEN1998-1.

Fahjan, Y. (2008). Türkiye Deprem Yönetmeliği Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi, İMO Teknik Dergi, 4423- 4444.

Fan, G., and Wallace, T. (1991). The determination of source parameters for small earthquakes from a single, very broadband seismic station, Geophys. Res. Let., 18, 1385-1388.

Hasgür, Z. Mühendislik Sismolojisi Ders Notları.

Jimenez, E., Cara, M., and Rouland, D. (1989). Focal mechanisms of moderate-size earthquakes from the analysis of single-station three-component surfacewave records, Bull. Seism. Soc. Am., 79, 955-972.

Newmark, N.M. and Hall, W.J. (1982). Earthquake spectra and design. EERI Monograf, 103 pp. Berkeley, California.

Özmen, H.B., İnel, M. ve Bilgin, H. (2007). Sargılı Beton Davranışının Betonarme Eleman ve Sistem Davranışına Etkisi, *Gazi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi*, Ankara.

Pınar, R. ve Akçığ Z. (1995). Jeofizikte Sinyal Kuramı ve Dönüşümler TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim yayınları No : 3, 1-5.

TS500, (2000). Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Url-1 <<http://www.kyh.deprem.gov>>, alındığı tarih: 21.02.2012.

Yılmaz, O. (1987). Seismic Data Processing. Society of Exploration Geophysicists, Investigations in Geophysics Series 2, 62-81.

Wei-An Chao, Yih-Min Wu, Li Zhao An automatic scheme for baseline correction
of strong-motion records in coseismic deformation determination

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Gaye ÖZKAN

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul 22/05/1986

Adres: Yenimahalle Muş Sokak Soyak Evreka A6 D: 9

Soğanlık – Kartal /İSTANBUL

E-Posta: ozkangaye@yahoo.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölüm Birinciliği