

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**2011 VAN DEPREMİ SONRASINDA ERCİŞ İLÇESİNDEKİ
KANALİZASYON HATLARINDA MEYDANA GELEN HASARLARIN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağrı AĞAÇKAYA
Danışman: Prof. Dr. Mücip TAPAN

VAN – 2024

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**2011 VAN DEPREMİ SONRASINDA ERCİŞ İLÇESİNDEKİ
KANALİZASYON HATLARINDA MEYDANA GELEN HASARLARIN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağrı AĞAÇKAYA

VAN – 2024

KABUL VE ONAY SAYFASI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. Mucip TAPAN danışmanlığında, Çağrı AĞAÇKAYA tarafından sunulan “2011 Van Depremi Sonrasında Erciş İlçesindeki Kanalizasyon Hatlarında Meydana Gelen Hasarların İncelenmesi” başlıklı bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 05 /01 /2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Mucip TAPAN

İmza:

Üye: Prof. Dr. Ercan IŞIK

İmza:

Üye: Doç. Dr. Barış ERDİL

İmza:

Üye:

İmza:

Üye:

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun /.... /..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

.....

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Çağrı AĞAÇKAYA



ÖZET

2011 VAN DEPREMİ SONRASINDA ERCİŞ İLÇESİNDEKİ KANALİZASYON HATLARINDA MEYDANA GELEN HASARLARIN İNCELENMESİ

AĞAÇKAYA, Çağrı

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mücip TAPAN

Ocak 2024, 71 sayfa

Ülkemiz deprem açısından sürekli risk taşıyan bölgelere sahiptir. Deprem etkisi ile gerek üstyapı gerek altyapı olmak üzere birçok yapıda kalıcı hasarlar meydana gelebilmektedir. Bu hasarlar neticesinde milli servetimiz ciddi yaralar almakta olup depremin yıkıcı etkisi ile uzun vadede ülkemizde ciddi maliyetler doğmaktadır. Deprem sonrasında yaraların hızlıca sarılabilmesi için altyapı tesislerinin işlevselliği çok önemlidir. Bu tez kapsamında kanalizasyon sistemlerinde kullanılan boru tipleri ve imalat yöntemleri bir bütün olarak ele alınarak 2011 Van Depremi sonrasında Erciş ilçesindeki kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarlar tespit edilmiştir. Deprem sonrasında meydana gelen hasarların tespiti için CCVT'li görüntüleme aracı ile kanalizasyon hatlarından görüntü alınmıştır. Alınan görüntülerdeki hasarlar tespit edilerek hasarın boyutuna yönelik çalışma yapılmıştır. Görüntüler yaklaşık 13 saat olup hasarın derecesine göre bazı görüntülerde sağlıklı bir veri elde edilememiştir. Alınan görüntüler irdelenerek literatürde daha önceden bulunmayan kanalizasyon hasar skalası oluşturulmuştur. Bu skala dikkate alınarak kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarlar hafif, orta ve ağır hasar olmak üzere üç sınıfta irdelenmiştir. Hasar gören kanalizasyon hatlarının koordinat verisi oluşturularak hasara sebep olabilecek hususlar belirlenmiştir. Meydana gelen hasarların deprem merkez üslerine yakınlığı ile ilişkisine, fay hatları ile ilişkisine, zemin tipleri ile ilişkisine ve yer altı su seviyesi ile ilişkisine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu tez çalışması sayesinde yeni yapılacak atık su altyapı sistemlerinde deprem sonrasında hasarların oluşmaması için hangi tedbirlerin alınması belirlenmiştir. Özellikle yer altı su seviyesinin 5 metreye kadar olan mesafesinde ve bu değerle beraber alüvyon zemine denk gelen bölgelerde beton veya betonarme boru dışındaki deprem performansı yüksek boruların kullanılmasının daha faydalı olacağı tespit edilmiştir. Kalıcı yer değiştirme hareketleri potansiyelinin yüksek olduğu alanlarda ise daha esnek boru tiplerinin kullanılmasının uygun olacağı belirlenmiştir. Ayrıca deprem sonrasında etkili bir afet yönetiminin sağlanabilmesi için hasar görme potansiyeli yüksek bölgelere kanalizasyon toplayıcı ve kolektör hatlarının projelendirilmemesinin ne denli önemli olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Altyapı hasarı, Atık su, Depremsellik, Kanalizasyon görüntülemesi, Kanalizasyon hasarı, Kanalizasyon, Van depremi

ABSTRACT

A SURVEY WAS CARRIED OUT TO ASSESS THE DAMAGE TO SEWER LINES IN THE ERCİŞ DISTRICT FOLLOWING THE 2011 VAN EARTHQUAKE

AĞAÇKAYA, Çağrı

M. Sc. Thesis, Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mucip TAPAN

January 2024, 71 pages

Our country has regions that are frequently at risk of earthquakes. Earthquakes can cause permanent damage to many structures, including both superstructures and infrastructures. As a result of this damage, our national wealth is seriously affected, and our country incurs significant long-term costs due to the destructive effects of earthquakes. The functionality of infrastructure facilities is crucial for quickly recovering from earthquakes. This thesis considers pipe types and manufacturing methods used in sewerage systems as a whole, and determines the damages that occurred in the sewerage lines in Erciş district after the 2011 Van Earthquake. To determine the damages, images were taken from the sewerage lines using a CCVT imaging tool. The study detected damages in the images and determined the extent of the damage. The images were taken for approximately 13 hours. In some cases, no usable data could be obtained due to the degree of damage. The images were analysed, and a sewerage damage scale was created, which was not previously available in the literature. Using this scale, the damages to the sewerage lines were analysed and classified into three categories: light, medium, and heavy damage. The study created coordinate data for damaged sewerage lines and identified potential causes of damage. Relationships between damages and proximity to earthquake epicentres, fault lines, soil types, and ground water levels were examined. The study determined necessary precautions to prevent post-earthquake damages in new wastewater infrastructure systems. It has been determined that using pipes with high earthquake performance is more beneficial than using concrete or reinforced concrete pipes, especially in areas up to 5 metres below the ground water level and in areas corresponding to alluvial soil. In areas where there is a high potential for permanent displacement movements, it is recommended to use more flexible pipe types. It is important to avoid designing sewerage collector and collector lines in areas with high damage potential to enable effective disaster management after an earthquake.

Keywords: Infrastructure damage, Seismicity, Sewer damage, Sewerage imaging, Sewerage, Wastewater, Van earthquake



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamda ve yüksek lisans eğitimim boyunca, ilgi ve alakasını hiç eksik etmeyen ve takıldığım her noktada beni doğru bir şekilde yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Mucip TAPAN hocama teşekkür ederim. Aynı zamanda Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi hocalarıma ve sabırla bana destek olan eşim Kübra AĞAÇKAYA'ya teşekkürü borç bilirim.

2024

Çağrı AĞAÇAKAYA



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Kanalizasyon Sistemlerinin Önemi	2
2. DEPREMSELLİK	5
2.1 Van İlinin Depremselliği	5
2.2 Kanalizasyon Sistemlerinin Deprem Etkisi Altındaki Davranışı	6
2.2.1 Kalıcı Zemin Yer Değiştirmelerinin Kanalizasyon Sistemlerine Etkisi	7
3. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	9
3.1 Türkiye’de Kanalizasyon Sistemlerinde Kullanılan Başlıca Yapı Malzemeleri ve Karakteristik Özellikleri	18
3.1.1 Beton/Betonarme Boru	18
3.1.2 Korige Boru	19
3.1.3 Çelik Boru.....	20
3.1.4 Polietilen (PE) Boru.....	21
3.1.5 Cam Takviyeli Plastik Borular	22
3.1.6 Polivinil Klorür Boru (PVC)	23
3.1.7 Asbestli Çimento Boru (AÇB)	24
3.2 Deprem Sonrasında Altyapı Sistemlerinin İşlevselliği	24
4. MATERYAL VE YÖNTEM	29
4.1 Erciş (Van) İlçesinin Kanalizasyon Sistemi	29
4.1.1 Kullanılan Boru Tipleri	29
4.1.2 Hidrolik Açından Boru Çapları	30
5. DEPREMİN BORU HATLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ	33
5.1 Kanalizasyon Şebeke Sistemine Ait Sayısal İşletme Planları Verilerinin Toplanması.....	33

5.2	Kanalizasyon Sisteminde Hasar Gören Boru Çaplarının Tespit Edilmesi	34
5.3	Kanalizasyon Sistemlerinde Görüntülenme İşlemi.....	35
5.4	Erciş Kanalizasyon Sisteminde Hasar Gören Hatların Kanalizasyon Görüntülenme İşlemi ile Tespit Edilmesi	36
5.5	Erciş Kanalizasyon Sistemindeki Borulara Ait Hasar Tipleri	37
5.5.1	Hafif Hasar Gören Kanalizasyon Hatları.....	38
5.5.2	Orta Hasar Gören Kanalizasyon Hatları	43
5.5.3	Ağır Hasar Gören Kanalizasyon Hatları.....	52
5.6	Araştırma Bulguları	60
5.7	Deprem Sonrasında Altyapı Afet Yönetimi.....	64
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	67
	KAYNAKÇA	69
	ÖZ GEÇMİŞ.....	71

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 5.1 Deprem sonrası hasar gören kanalizasyon hatlarına ait veriler	35
Çizelge 5.2 Kanalizasyon hasar tespit skalası	38
Çizelge 5.3 Hasar gören atık su hatların koordinat listesi	61



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Van ve çevresinde ölümle sonuçlanan başlıca depremler	6
Şekil 2.2 Kanalizasyon örnek projesi	7
Şekil 2.3 Van Bardakçı köyü kalıcı zemin yer değiştirmesi.....	8
Şekil 3.2 Sıvılaşma sonrasında kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarın dağılımı	13
Şekil 3.3 Avonside bölgesi Lidar ve hava fotoğraflarının, boru hatları ve hasarlar ile birlikte haritası	14
Şekil 3.4 Ø300 mm boru modeli eleman bazında yer değiştirmeler	15
Şekil 3.5 2016 Kumamoto depremi sonrasında içme suyu hattında meydana gelen hasar	17
Şekil 3.6 Hazus metodu ile kanalizasyon boruları hasar görülebilirlik dağılım.....	18
Şekil 3.7 Kanalizasyon şebekesinde kullanılan beton ve betonarme boru	19
Şekil 3.8 Kanalizasyon şebekesinde kullanılan HDPE koruge boru	20
Şekil 3.9 Kanalizasyon terfi hatlarında kullanılan spiral sarımlı çelik boru	21
Şekil 3.10 Kanalizasyon terfi hatlarında kullanılan PE 100.....	22
Şekil 3.11 CTP boru	23
Şekil 3.12 PVC boru ile kanalizasyon bağlantısı yapılması	23
Şekil 3.13 Asbestli çimento boru.....	24
Şekil 3.14 SBB deprem sonrası değerlendirme raporu hasar genel görüntüsü	26
Şekil 3.15 İskenderun ilçesindeki sıvılaşma kaynaklı altyapı elemanlarının yüzeylenmesi	27
Şekil 4.2 Erciş kanalizasyon sisteminin boru çaplarına göre miktarı.....	31
Şekil 5.2 Kamera monte edilmiş CCVT’li görüntüleme aracı	36
Şekil 5.3 Erciş ilçesinde hasar görmüş kanalizasyon borusu	37
Şekil 5.4 552-552/A boru hattı hafif hasar örneği	40
Şekil 5.5 552-552/A boru hattı hafif hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş	41
Şekil 5.6 662-661 boru hattı hafif hasar örneği	41
Şekil 5.7 662-661 boru hattı hafif hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş	42
Şekil 5.8 541-545 boru hattı hafif hasar örneği	43
Şekil 5.9 11329-11340 boru hattı orta hasar örneği	45

Şekil 5.10 11329-11340 boru hattı orta hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş	45
Şekil 5.11 1079-1055 boru hattı orta hasar örneği	46
Şekil 5.12 1079-1055 boru hattı orta hasar örneği	47
Şekil 5.13 1054-1055 boru hattı orta hasar örneği	48
Şekil 5.14 1054-1055 boru hattı orta hasar örneği temsili 3 boyutlu yandan görünüş	49
Şekil 5.15 1054-1055 boru hattı orta hasar örneği	50
Şekil 5.16 11329-11339 boru hattı orta hasar örneği	51
Şekil 5.17 11329-11339 boru hattı orta hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş	51
Şekil 5.18 573-577 boru hattı ağır hasar örneği	53
Şekil 5.19 573-577 boru hattı ağır hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş.....	53
Şekil 5.20 1115-1116 boru hattı ağır hasar örneği	54
Şekil 5.21 1115-1116 boru hattı ağır hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş.....	55
Şekil 5.22 1115-1116 boru hattı ağır hasar örneği	55
Şekil 5.23 1115-1116 boru hattı ağır hasar örneği	56
Şekil 5.24 11340-11341 boru hattı ağır hasar örneği	57
Şekil 5.25 110-109 boru hattı ağır hasar örneği	57
Şekil 5.26 164-173 boru hattı ağır hasar örneği	58
Şekil 5.27 164-173 boru hattı ağır hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş.....	59
Şekil 5.28 155-163 boru hattı ağır hasar örneği	59
Şekil 5.29 155-163 boru hattı ağır hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş.....	60
Şekil 5.30 Zemin tipine göre hasarların dağılımı	63
Şekil 5.31 Yer altı su seviyesi ve fay hattına göre hasarların dağılımı	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamalarıyla aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

İnç

İnch

M

Magnitude

mm

Milimetre

mt

metre

Ph

Power of Hydrogen

Kısaltmalar

Açıklama

A.Ş.

Anonim Şirketi

AÇB

Asbestli Çimento Boru

Atm

Atmosfer Basınç Birimi

CBS

Coğrafi Bilgi Sistemi

CCVT

Close Circuit Tele Vision

CTP

Cam Takviyeli Plastik Borular

ERDIP

Earthquake Resistant Ductile Iron Pipe

HDPE

High Density Poly Etylene

Lidar

Laser Imaging Detection and Ranging

PE

Polietilen

PVC

Polivinil Klorür Boru

SBB

Strateji ve Bütçe Başkanlığı

Vaski

Van su ve kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü



1. GİRİŞ

İnşaat Mühendisliği uygulamalarında şüphesiz ki deprem problemi güncelliğini yitirmeyecek en etkili parametrelerden biridir. Deprem etkileri yapının kütlesi ile doğrudan ilişkili olduğundan altyapılarda meydana gelen hasarlar üst yapılara nazaran daha minimal seviyededir. Ancak fay hatlarının olduğu bölgelerde kalıcı yer değiştirmelerin olması durumunda altyapı sistemlerinde de ciddi hasarlar meydana gelebilmektedir. Bu durumda yaşamsal faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde ciddi zorluklar meydana gelmektedir. Yaşamsal faaliyetleri doğrudan etkileyen bu durumda tasarım parametreleri detay ölçüsünde hassasiyetle ele alınmalıdır. Aslında depremin karmaşık yapısı göz önünde bulundurulduğunda mühendislik hesaplamaları sonucunda ortaya konulan eserlerin bu doğa olayından doğrudan etkilenmesinin olağan olduğu söylenebilir. Ülkemizin ise deprem kuşağında olmasından dolayı yapılması planlanan her bir mühendislik yapısı için deprem gerçeği asla göz ardı edilememelidir.

Deprem sonucunda meydana gelen kalıcı ve geçici yer değiştirmeler neticesinde gömülü borularda farklı etkiler oluşabilmektedir. Bu etkiler neticesinde zarar gören altyapı sistemleri deprem sonrasında ya işlevselliğini yitirmekte ya da boru bağlantı elemanlarında ve boru ek yerlerinde hasarlar meydana gelmektedir.

Altyapı sistemleri genellikle geniş bir alanda sistem bütünlüğü oluşturduğundan sistemin herhangi bir noktasında meydana gelmesi muhtemel hasar tüm sistemin çalışmasını olumsuz etkileyebilmektedir. Genellikle yüksek maliyetlere mal edilen altyapı sistemlerinin bu özelliği göz önünde bulundurulduğunda sistemin bir bütün olarak korunabilmesi çok önemlidir. Artan nüfus ile birlikte şehirlerin sürdürülebilir bir altyapısının olması ve buna bağlı sistemin bir bütün olarak işletilmesi, gelişmiş ülkelerin öncelikli hedefleri arasındadır. Çoğu gelişmiş ülkelerde altyapı master planları hazırlanarak o bölgedeki nüfus yoğunluğuna paralel uygulamaya yönelik faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Deprem sonrasında zarar görmesi muhtemel her altyapı bileşeni o sistemi bir bütün veya kısmen işlevsiz hale getirebilmektedir. Bu sebeple gerek o bölgedeki fay hatlarının varlığı gerek zemin ve imalat koşulları bir bütün olarak ele alınmalı ve buna bağlı mühendislik çözümleri ortaya konmalıdır.

Dünya genelinde farklı zaman dilimlerinde meydana gelmiş depremler ele alındığında altyapı tesislerinde meydana gelen hasarlar neticesinde salgın hastalıklar

ortaya çıkmıştır. Özellikle kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen hasarlara bağlı olarak salgın hastalıklar olmuştur. Bu salgın hastalıkların minimize edilebilmesi için deprem sonrasında özellikle kanalizasyon hatlarının işlevselliğinin korunması ve diğer altyapı tesislerinin ise kesintiye mahal vermeyecek şekilde kalması önem arz etmektedir. Bu yapılarda deprem sonrasında hasar meydana gelmesi durumunda acil eylemlerin yapılması zorlaşmakta olup depremin sonuçları ağırlaşmaktadır.

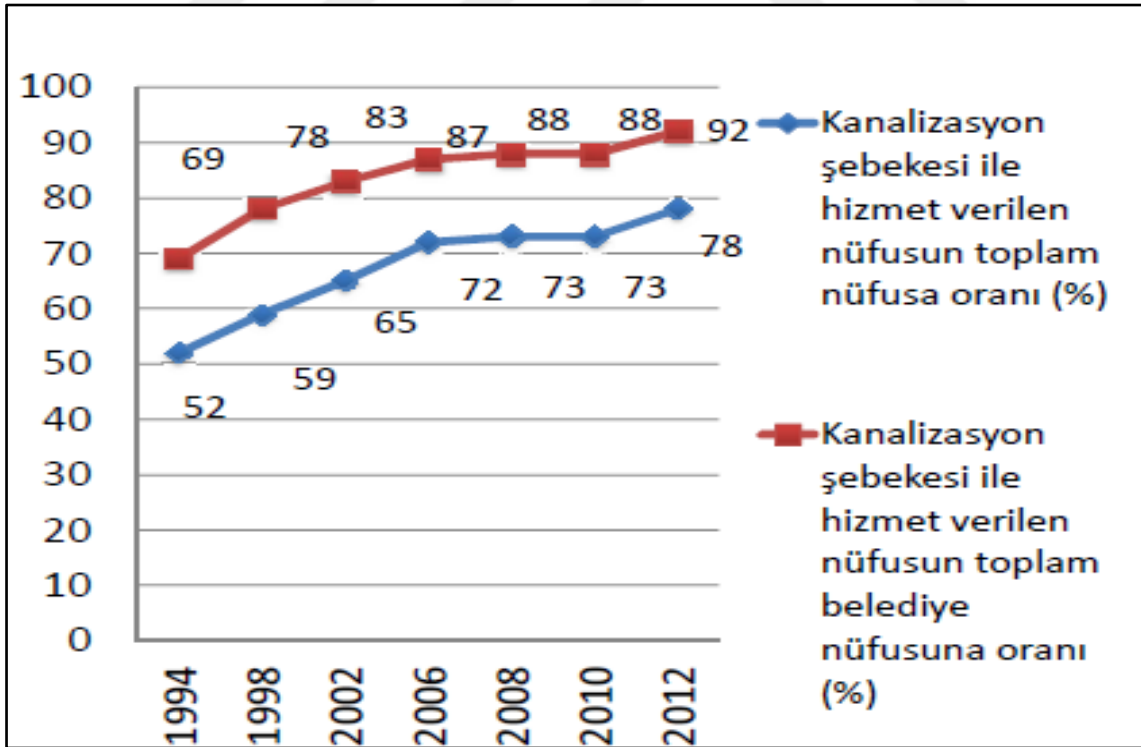
Ülkemizde Altyapılar için Afet Yönetmeliği 15.02.2007 tarih ve 26435 sayılı Resmî Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikte kanalizasyon ve içme suyu sistemlerinin nasıl ve hangi esaslar çerçevesinde yapılması tarif edilerek deprem sonrası bahse konu tesislerin performans hedefleri ortaya konmuştur. Bu yönetmelikten de anlaşılabacağı üzere deprem sonrasında altyapı tesislerinin işlevsel olması çok önemlidir. Kanalizasyon sistemlerinde deprem sonrasında oluşması muhtemel hasarlar neticesinde sistemin işlevselliğini kaybedeceği, çalışmayan kanalizasyon sisteminde atık suların halk sağlığı için tehdit oluşturacağı ve salgın hastalıklara sebebiyet vereceği kaçınılmazdır. Yapılan çalışmalarda yeterli kanalizasyon sistemlerinin olmadığı ülkelerde bu duruma bağlı ciddi salgın hastalıkların olduğu bilinmektedir. Bu sebeple ülkemiz gibi deprem potansiyeli yüksek yerlerde kanalizasyon proje ve tasarım konuları ciddiyetle ele alınmalıdır. Mühendislik hesaplamaları neticesinde oluşturulacak kanalizasyon projelerinin tatbiki ise ehliyet sahibi mühendislerin denetiminde yapılmalıdır.

Bu tez çalışmasında anılan hususlar çerçevesinde 2011 Van depremi sonrasında Erciş ilçesindeki kanalizasyon sisteminde meydana gelen hasarlar irdelenmiştir. Deprem sonrasında özellikle kanalizasyon sisteminin hangi bölgelerinde ne gibi hasarların olduğu, hasarın boyutu, ne tür zeminlerde kanalizasyon hasarların olduğu, meydana gelen hasarın derecesi ve etkisi tespit edilmiştir.

1.1 Kanalizasyon Sistemlerinin Önemi

Kanalizasyon sistemleri, evsel ve endüstriyel kullanım sonucunda kirlenmiş atık suların hidrolik esaslar göz önünde bulundurularak kanallar vasıtasıyla belirlenmiş deşarj noktasına ulaştırılmasını sağlayan sistemler bütünüdür. Yaşanabilir şehir koşullarının oluşturulması için o şehirlerde altyapı sorununun olmaması gerekmektedir. Günümüzde

sanitasyon riskini minimize etmek için şehrin tamamını kapsayan kanalizasyon sisteminin olması çok önemlidir. Bilindiği gibi kanalizasyon sistemlerinde her türlü atık su bulunabileceğinden özellikle sızdırmaz bir yapının teşkil edilmesi yer altı sularının korunması noktasında kaçınılmaz bir esastır. Ayrıca kanalizasyon sistemlerinin bir alanda toplanması ve toplanılan bu alanlarda şehir yapısına göre kanalizasyon arıtma süreçlerinin eksiksiz bir şekilde işletilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde gerek yer altı sularının kirlenmesi gerekse farklı bir bölgenin su kaynaklarının kirlenmesine sebebiyet verilerek içme suyu kullanımı noktasında ciddi sorunlar oluşmaktadır. Dolayısıyla sağlıklı bir geleceğin inşa edilebilmesi için içme suyu kalitesinin istenilen değerlerde olabilmesi önem arz etmektedir. Bu kapsamda deprem sonrasında kanalizasyon sistemleri zarar görmeyecek şekilde tasarlanıp imal edilmelidir. Buradan hareketle deprem sonrasında kanalizasyon sistemlerinin hasar görmemesinin ne denli önemli olduğu görülmektedir. Şekil 1.1’de ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığının verilerine göre 2012 yılı itibarıyla ülkemizde kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen nüfusun toplam nüfusa oranı gösterilmektedir.



Şekil 1.1 Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen nüfusun toplam nüfusa oranı

2. DEPREMSELLİK

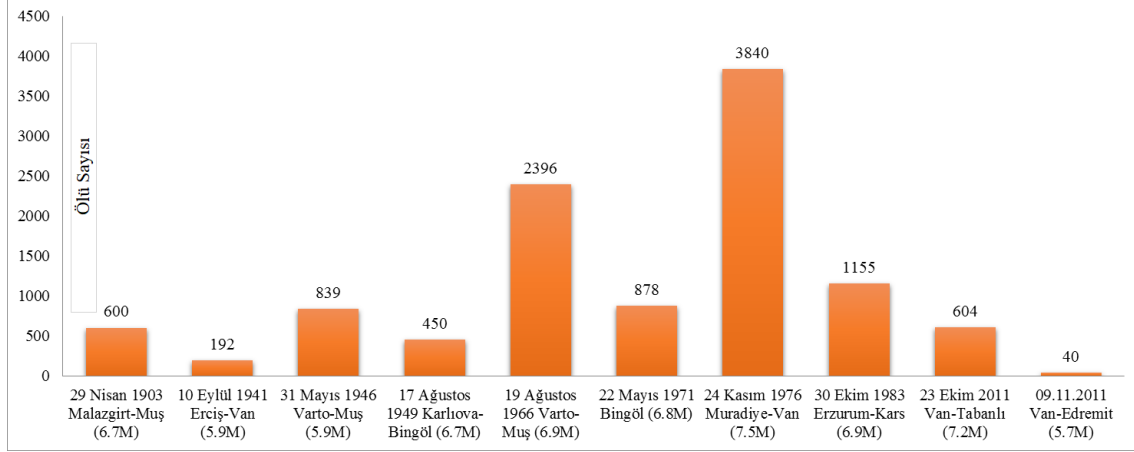
Deprem yer kabuğundaki süreksizliklerin ve enerji gerilimlerinin dalgalar halinde yayılması ile yeryüzünde meydana gelen doğal bir olaydır. Ülkemizin deprem kuşağında olduğu bilinmekte olup Afrika, Arap ve Avrasya levhalarının hareketleri sonucunda sürekli olarak depremler oluşmaktadır. Bu kapsamda özellikle tarihsel açıdan bakıldığında Avrasya ve Arap levhalarının etkisinde olan Van ve çevresinde belirli zaman dilimlerinde depremler meydana gelmiştir. 1976 yılında meydana gelen 7.3 büyüklüğündeki Çaldıran Depremi, 2011 yılında meydana gelen 7.2 büyüklüğündeki Van-Tabanlı Depremi ve yine 2011 yılında meydana gelen 5.6 büyüklüğündeki Van-Edremit Depremi Van ve yöresinde meydana gelen depremlere örnektir. Çaldıran Depremi sonucunda 3840 kişi, Van-Tabanlı Depremi sonucunda 604 kişi ve Van-Edremit Depremi sonucunda 40 kişi yaşamını yitirmiştir.

Günümüz teknolojisinde depremin büyüklüğü, meydana gelme sıklığı, yeri ve zamanı gibi bilgiler kesin olarak önceden bilinmemektedir. Ancak yapılan bilimsel çalışmalar neticesinde depremlere ait parametreler belirlenebilmekte olup bir bölgenin sismik tehlikesi o bölgenin depremselliği olarak ifade edilmektedir. Mühendislik hesaplamaları sonucunda ortaya çıkan tasarımlarda o bölgenin depremselliğinin göz önünde bulundurulması, tasarlanan yapının özelliklerini doğrudan etkilemektedir.

2.1 Van İlinin Depremselliği

22.1.2018 tarihinde karara bağlanan Türkiye Deprem Tehlike Haritası dikkate alındığında Van ve çevresinin deprem açısından riskli bölgede kaldığı görülmektedir. Gerek Avrasya ve Arap levhalarının hareketi gerekse Kuzey Anadolu Fayının etkileri sonucunda Van ve çevresinde değişik zaman dilimlerinde depremler meydana gelmiştir. 1900-2011 yılları arasında Van ve yöresinde büyüklüğü 4 ve daha büyük 647 deprem meydana gelmiştir. 23.10.2011 tarihinde meydana gelen Van-Tabanlı depremi ile 09.11.2011 tarihinde meydana gelen Van-Edremit depremleri de dikkate alındığında, meydana gelen depremlerin %91'i deprem istasyonlarının yaygınlaştığı ve dolayısıyla kayıtların arttığı 1950 yılı ve sonrasında meydana gelmiştir. Bu kapsamda Van deprem yöresinde maksimum büyüklüğü 4.7, yıllık ortalama risk ise %60,3 olarak saptanmıştır

(Sezer, 2010). Van ve çevresinde ölümlle sonuçlanan başlıca depremler Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

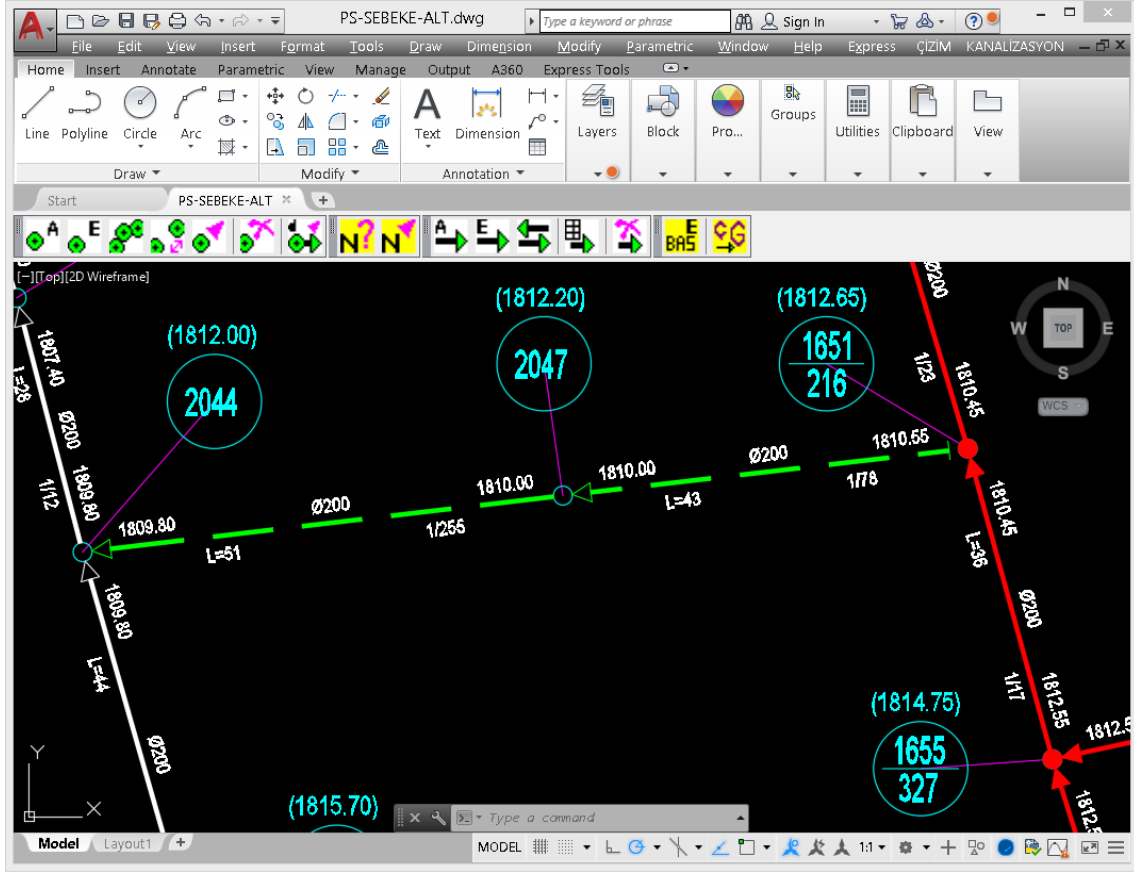


Şekil 2.1 Van ve çevresinde ölümlle sonuçlanan başlıca depremler

2.2 Kanalizasyon Sistemlerinin Deprem Etkisi Altındaki Davranışı

Kanalizasyon sistemleri, çeşitli özellikteki boruların bir araya gelerek şehir yaşam alanlarını ağ gibi ören borulama sistemlerinin bütünüdür. Kanalizasyon sisteminde kullanılan borular genel olarak şebekelerde beton boru ve koruge boru, terfi hatlarında polietilen boru, karayolları ve demiryolları gibi geçişlerde çelik kılıf boru, kolektör hatlarında betonarme boru olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kanalizasyon sistemlerinin vazgeçilmez bir parçası olan atık su arıtma tesisleri ise kanalizasyon sistemlerinin deşarj kısmında bulunan ve çevresel kirliliğin önlenmesinde en önemli rolü üstlenen mühendislik yapısıdır. Atık su arıtma tesisleri kanalizasyon sistemlerinden belirli bir kirlilikte suyun geleceği hesap edilerek tasarlanır. Bu açıdan kanalizasyon sistemlerinde sızdırmazlık hususu esas olduğundan ülkemizde genel olarak kanalizasyon şebeke sistemlerinde entegre contalı, muflu, buhar ve su kürlü beton borular kullanılmaktadır. Beton borular genellikle 1,5 veya 2,0 metre boylarında üretilmektedir. Kanalizasyon şebeke sistemi oluştururken bu beton borular birbirleri ile birleştirilerek sistem bütünlüğü teşkil edilir. Projelendirilen kanalizasyon sistemlerinde ileride işletme hususunda sorun yaşanmaması için ortalama 50-60 metre aralığında bir muayene bacaları kullanılarak sistem inşa edilir. Kanalizasyon şebeke projesine ait örnek görünüm Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Kanalizasyon örnek projesi

2.2.1 Kalıcı Zemin Yer Değiştirmelerinin Kanalizasyon Sistemlerine Etkisi

Kanalizasyon sistemlerinde hasar oluşmasına sebep olan en önemli faktör ise deprem sonrasında meydana gelen kalıcı zemin yer değiştirmesidir. Kalıcı zemin yer değiştirmesi neticesinde gömülü boruların dirençli bir özellik göstermemesine bağlı olarak önemli hasarlar meydana gelmektedir. Özellikle kanalizasyon hat güzergâhlarını dikine kesen konumda olan kalıcı zemin yer değiştirmeleri, kanalizasyon sistemindeki sürekliliği doğrudan olumsuz bir şekilde etkileyerek ciddi hasarlar meydana getirmektedir. Dolayısıyla kanalizasyon gibi alt yapı tesislerinde hasara meydan vermeyecek şekilde tasarım parametrelerinin göz önünde bulundurularak jeolojik veriler dikkate alınarak projelendirme çalışmaları yapılmalıdır. Van Bardakçı köyünde kalıcı zemin yer değiştirmesi Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Van Bardakçı köyü kalıcı zemin yer değıştirmesi

3. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Bu bölümde; deprem sonrasında altyapı tesislerinde meydana gelen hasarların tespitine yönelik benzerlik gösteren çalışmaların kısaca özetleri verilerek elde edilen sonuçlar hakkında bilgi verilmektedir.

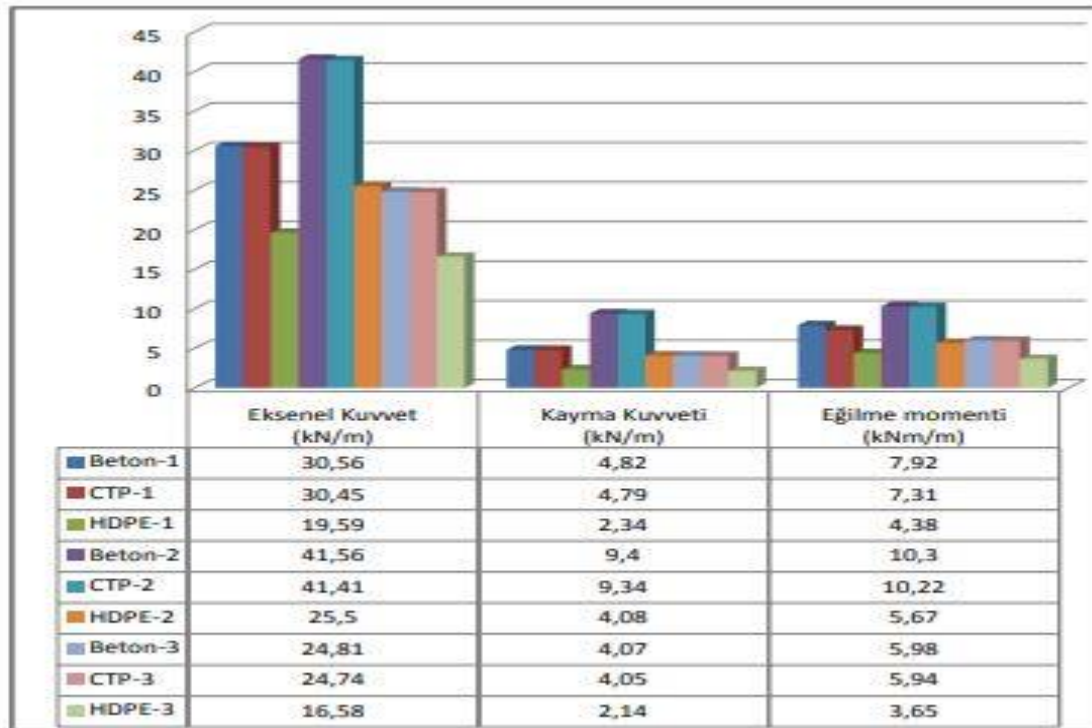
King ve Betz (1972) çalışmalarında, Los Angeles bölgesinde meydana gelen 6.6 büyüklüğündeki deprem sonrasında kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarlar üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada deprem sonrasında kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen hasarların tespiti hususunda ilk olarak tüm kanalizasyon muayene bacalarında görsel tespitin yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Hasar gören kanalizasyon boruların yerini ve kapsamını belirlemek için sistemin belirli bölgelerinden kapatılması gerektiğini ve görsel medyada bu tespitlerin yayınlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca kanalizasyon sistemlerinde özellikle boruların kırılması, bağlantı yerlerinin kırılması, muayene bacaların çatlaması ve kayması gibi hasar tiplerinin meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Esnek boru tiplerinin daha az hasar gördüğü ve esnek boruların boru boylarının uzunluğunun fazla olmasının sistemin devamlılığı açısından avantaj oluşturduğunu belirtmişlerdir. 15-18 inç boru çaplarında meydana gelen hasarların en yüksek hasar yüzdesine ve 8-10 inç çaplarında meydana gelen hasarların en az hasar yüzdesine sahip olduğunu ve görsel medyanın aktif şekilde kullanılması durumunda hasar tespitinin daha etkin yapılacağını belirtmişlerdir.

Toprak ve Yoshizaki (2003) çalışmalarında, depremlerin boru hatlarına verdiği zararları değişik örneklerle sunarak özellikle CBS ile deprem etkilerinin değerlendirilmesini, boru hatları ile farklı sismik parametreler arasındaki en ideal uyumun tespit edilmesini ve Japonya'daki altyapı tesisleri için geliştirilen ve değiştirilen deprem yönetmelikleri üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak geniş alanlara yayılan gömülü borularda, deprem sonrasında meydana gelen hasarların detaylı analizi ve etkili parametrelerin incelenmesi, fay hatları ile boru hatları arasındaki etkileşim, deprem öncesi ve sonrasında dikkat edilmesi gereken hususlar ve Japonya'da geliştirilen yönetmeliklerin tasarım açısından önemini belirtmişlerdir.

Toprak ve Koç (2007) çalışmalarında, içme suyu ve kanalizasyon boru hatlarının deprem esnasındaki performansını etkileyen faktörleri ve deprem etkisi altındaki davranışı üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada coğrafi bilgi sistemlerinin analiz,

hasar tahmini ve performans değerlendirmesi kapsamında önemli bir husus olduğu, kalıcı yer deformasyonları neticesinde alt yapı tesislerinde daha ciddi hasarların meydana geldiği ve olası deprem neticesinde gömülü borulardaki hasarların tamir edilmesi açısından öncelikle kalıcı yer hareketlerinin yoğunlaştığı bölgelerden başlanacak şekilde tedbirlerin alınmasının daha faydalı olacağını belirtmişlerdir.

Gümüş (2009) çalışmasında, Plaxis sonlu elemanlar programını kullanarak deprem bölgelerinde inşa edilecek gömülü borularda oluşması muhtemel hasarların tespiti ve gerektiğinde önlem alınması üzerine çalışma yapmıştır. Bu çalışma neticesinde zayıf zemin özelliklerine sahip bölgelerde dinamik yükleme sonrasında daha fazla yer değişikliği olduğu, sağlam zeminlerde ise boru hatları üzerinde eksenel kuvvet, kayma kuvveti ve eğilme momenti etkilerinin belirgin olduğu, esnek boruların deprem etkisi ile gelen yükleri daha olumlu aktarabildiği ve boru hatlarının etrafını çevreleyen dolgu malzemesinin rijitliğinin önemli olduğunu açıklamıştır. Şekil 3.1’de dinamik yükleme sonrasında boru tiplerinde meydana gelen tesirler gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Dinamik yükleme sonrası her üç zeminde meydana gelen tesirlerin karşılaştırması (Gümüş, 2009)

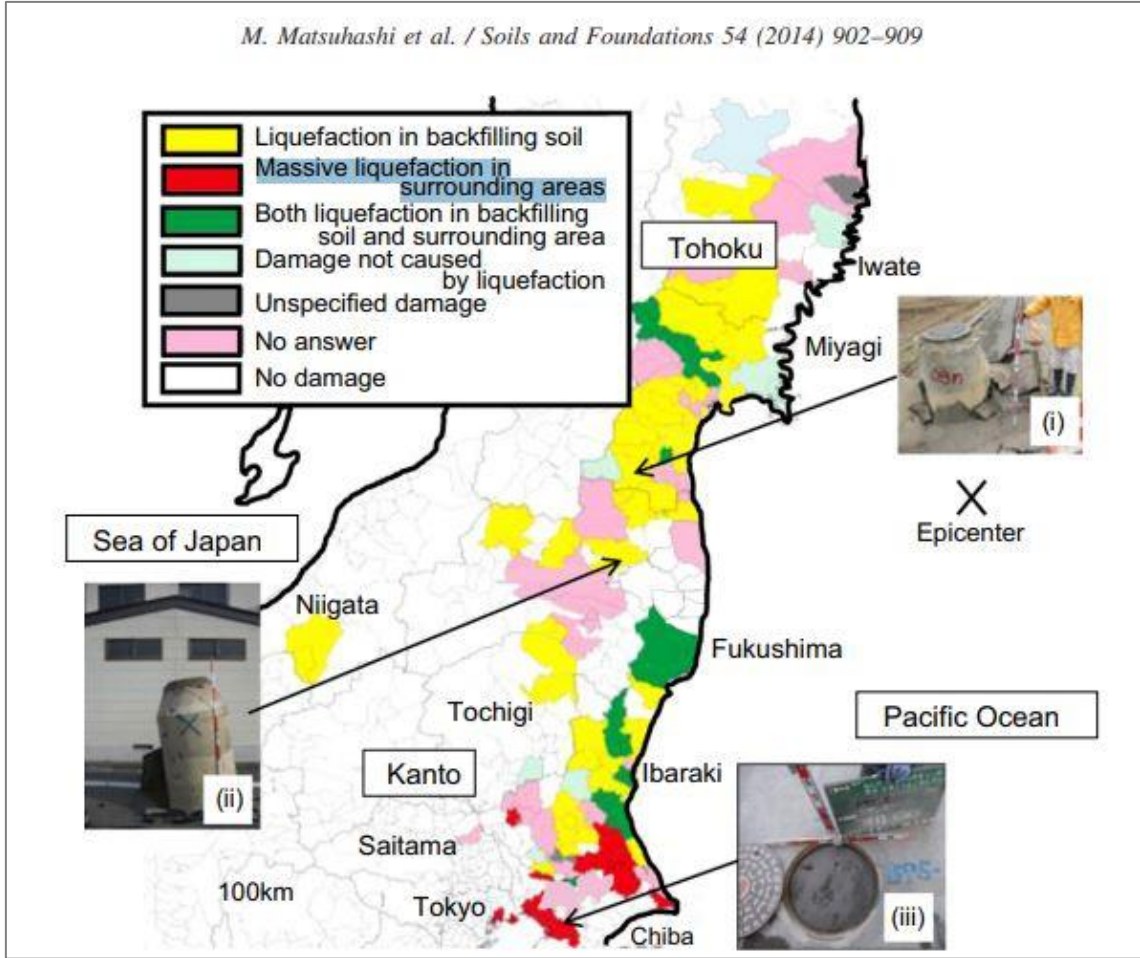
Rubeiz (2009) çalışmasında, ABD, Japonya, Tayland ve Columbia depremleri sonrasında boru sistemlerinin performansı üzerine çalışma yapmıştır. Bu çalışmada birçok boru sisteminin deprem hasar riskini göz önünde bulundurularak tasarlanmadığını, kurum ve kuruluşların deprem tehlikesi hususunda boru sistemleri için zorlayıcı parametreleri istemediğini, deprem riski olan bölgelerde boru sistemleri için boru malzemesi seçimi konusunda çalışma yapmıştır.

Zare ve Wilkinson (2010) çalışmalarında, depremin boru hatlarına verdiği etkilerden dalga yayılımı ve kalıcı zemin deformasyonu üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada büyük ölçekli depremlerde dalga yayılımı etkisi ile gömülü borularda kırılmaların meydana geldiğini, küçük ölçekli depremlerde ise borularda sızıntıların meydana geldiğini, içme suyu borularında meydana gelen sızıntılar nedeniyle su kaybı ve su kirliliğinin oluştuğunu, atık su sistemlerinde meydana gelen sızıntılar nedeniyle atık suların taşıdığını ve toprak kirliliğine sebep olduğunu, hem atık su hem de içme suyu sızıntıları sebebiyle sağlık ve çevre kirliliklerinin oluştuğunu, dalga yayılımına ve kalıcı yer deformasyonuna maruz kalan bölgelerde hasar etkilerinin arttığını, içme suyu ve kanalizasyon boru hatlarındaki hasar sayılarının yaklaşık olarak aynı olduğunu, içme suyu basınçlı hatlarda hasar görülme durumu atık su boru hatlarına göre daha belirgin olduğundan daha efektif ve daha hızlı onarılması gerektiğini, atık su sistemlerinde meydana gelen hasarların tespit edilmesinin içme suyu borularına göre daha zor olduğunu ve bu sebeplerle büyük şehirlerde yüksek maliyetlere mal olan gömülü borularda deprem sonrasında meydana gelebilecek olası hasar durumları için iyileştirme ve rehabilite planlarının yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Zare, Wilkinson, Potangaroa (2010), Christchurch'te meydana gelen deprem sonrasında altyapı tesislerinde meydana gelen hasarlar üzerine tespit yapmışlardır. Yapılan tespitlerde 2010 Darfield depremi neticesinde kanalizasyon sistemini oluşturan elemanlarda ciddi hasarların olduğunu, başta boru sistemi olmak üzere arıtma tesislerinde, pompa istasyonlarında kalıcı hasarların meydana geldiği belirtilmiştir. Kanalizasyon sistemindeki tüm bileşenler dikkate alındığında boru sisteminde meydana gelen kalıcı hasarların daha belirgin ve olumsuz sonuçlar doğurduğu gözlemlenmiş olup bu borulama sistemlerinin onarımı konusunda çeşitli yaklaşımlarda bulunmuşlardır.

Toprak (2011) çalışmasında, altyapı sistemlerinin deprem güvenliği konusundaki tarihsel gelişmelerin ve yeniliklerin uygulamaya olan katkıları üzerine araştırma yapmıştır. Yüksek maliyetlerle inşa edilmekte olan ve hasar göresi durumunda yaşam kalitesini doğrudan olumsuz etkileyen altyapı tesislerinde; yeni yapılacak boru sistemlerinde depreme karşı güvenli bir tasarımın esas alınmasını, mevcutta bulunan altyapı tesislerinde deprem etkilerine karşı iyileştirmelerin yapılması gerektiği, yeni yapılacak borulama sistemlerinde yeni yaklaşımların geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğunu ve her geçen gün yönetmeliklerdeki gelişmelerin inşa faaliyetlerine olumlu katkısının olduğunu açıklamıştır.

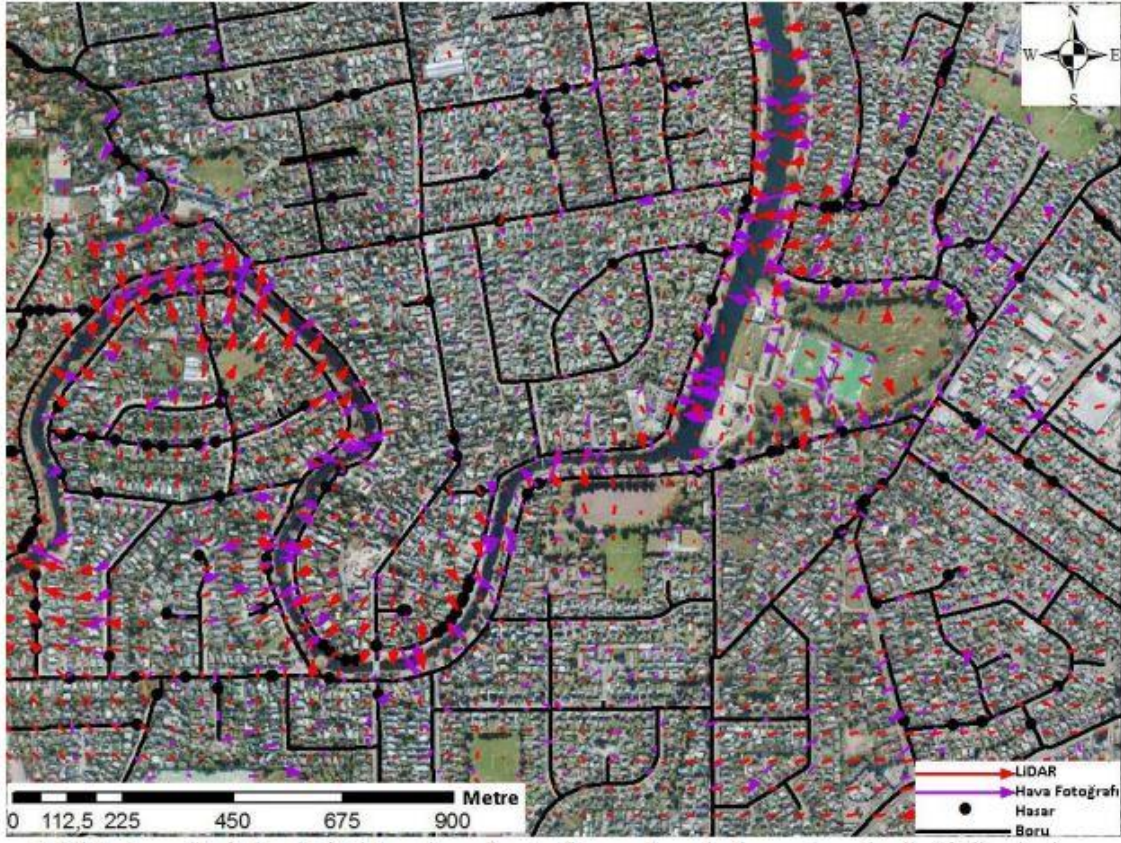
Matsushashi vd. (2014) çalışmalarında, Büyük Doğu Japonya depremi sonrasında kanalizasyon sistemlerinde meydana gelen hasarlar üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada deprem sonrasında sıvılaşmaya karşı önlem alınmadığı takdirde kanalizasyon sistemlerinin hasar gördüğünü, kanalizasyon borularının %90'ının ve muayene bacalarının ise %70'nin sıvılaşmaya bağlı hasar gördüğünü, atık su arıtma tesisi ve terfi merkezi gibi yapıların tsunami nedeniyle zarar gördüğünü ve büyük ölçekli doğal afetlere hazırlıklı olmak için kanalizasyon sistemleri için depreme dayanaklı inşaat tekniklerinin geliştirilmesi gerektiğini açıklamışlardır. Şekil 3.2'de deprem sonrasında sıvılaşma nedeni ile kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarların dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Sıvılaşma sonrasında kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarın dağılımı (Matsuhashi vd., 2014)

Toprak vd. (2015) çalışmalarında, gömülü boru hatlarının değerlendirilmesi ve sismik performans hususları ile ilgili son gelişmeler üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada gelişen teknoloji sayesinde elde edilen verilerin analiz kabiliyetinin artışına bağlı olarak yeni gelişmelere yol açtığını, kilometre düzeyindeki boru hatlarında meydana gelebilecek deprem hasar durumları için sismograf istasyonları vasıtasıyla yer hareket kayıtlarının tespit edilebildiğini, hasar durumları işlenerek her onarım için koordinat bilgisinin belirlenebileceğini, boru hasar riskini azaltmak için sismik değerlerin tasarım aşamasında göz önünde bulundurulması gerektiğini, depreme dayanıklı tasarım ve teknolojilerin depremde alt yapı tesislerine olumlu katkı sunduğu, beklenen hasar düzeyleri dikkate alınarak boru malzemeleri, birleşim yerleri ve boru-dolgu etkileşimi ile ilgili yeterli değerlendirmelerin yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

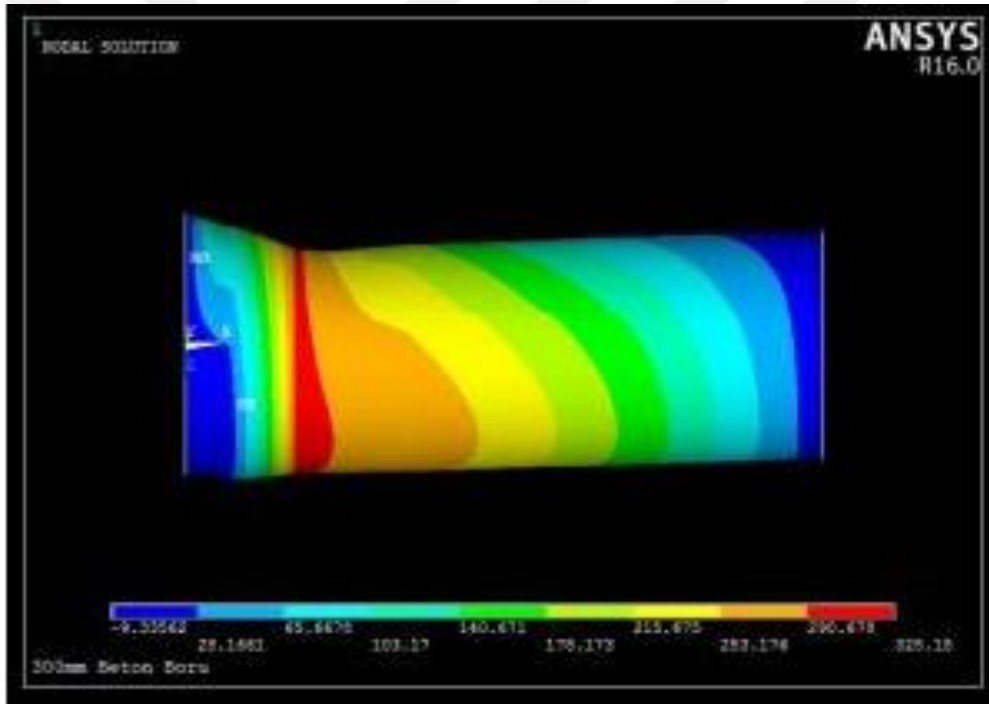
Toprak vd. (2015) çalışmalarında, 22 Şubat 2011 Christchurch depreminin gömülü borular üzerindeki etkisi üzerine araştırma yapmışlardır. Depremden önceki ve sonraki LİDAR ve hava fotoğrafları ölçümlerinden elde edilen yatay ve düşey yer hareketleri dikkate alınarak sivilaşmanın etkilediği alanlardaki hasarlar ve onarım oranı beraber değerlendirilerek hasar ilişkilerini ortaya koymuşlardır. Onarım oranı ve şekil değiştirme arasında doğru orantılı bir ilişkinin olduğunu ve zemin özelliklerine bağlı olarak oturmaya bağlı açısıl değişimlerin artması ile boruların km başına düşen hasar sayısının arttığını belirtmişlerdir. Şekil 3.3'te Avonside bölgesindeki boru hatları ve hasarlarını gösteren harita gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Avonside bölgesi Lidar ve hava fotoğraflarının, boru hatları ve hasarlar ile birlikte haritası (Toprak vd., 2015)

Saraçoğlu (2016) çalışmasında, gömülü borularda deprem etkisi ile meydana gelen hasarların nedenleri ve türleri ve sonlu elemanlar yöntemi ile farklı hendek dolgularında gömülü boruların deprem etkisi altındaki davranışı üzerine çalışma yapmıştır. Kalıcı veya geçici zemin yer değiştirmelerine maruz kalan bölgelerde bu

etkilere dayanabilecek özelliklerde sünek borularının kullanımının önemli olduğunu, hendek dolgularının iyileştirilmesine bağlı olarak yanal gerilmelerin sınırlandırılabilceğini, yanal gerilmelerin sınırlandırılmasının deprem davranışına olumlu katkı sunduğunu, sismik oturma ve sıvılaşma risk olan bölgelerde zemin iyileştirmesi yapılması gerektiğini, boru çaplarının artışına paralel olarak oluşan gerilmelerin azaldığını, deprem etkisi ile gömülü borularda özellikle birleşim yerlerinde hasarların meydana geldiğini ve boru birleşim yerlerinde açılmalara bağlı olarak meydana gelebilecek hasarların en aza indirilmesinde şartnamelerde belirtilen esasların dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir. Şekil 3.4'te boru ekseninde eleman bazlı yer değiştirmeler gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Ø300 mm boru modeli eleman bazında yer değiştirmeler (Saraçoğlu 2016)

Davenport vd. (2017) çalışmalarında, 2006 yılına kadar kaydedilen veriler ışığında deprem sonrasında toplumların yaşadığı travmayı en aza indirmek ve içme suyu tesislerinde meydana gelen hasarlardan dolayı oluşan hizmet ve istihdam kaybı üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada içme suyu tesislerinde deprem sonrasında oluşan hasarlara bağlı olarak su kesintilerinin meydana geldiğini, 1995 yılında Kobe’de meydana gelen depremde Rokko adasında yüksek katlı konutlarda hasarların meydana geldiğini

ancak 30.000 nüfusun su kesintisi nedeniyle adadan tahliye edildiğini, gömülü boruların sismik davranışını çeşitli modeller kullanarak belirlenebileceğini, depremin su kaynağı üzerindeki etkileri değerlendirmenin ve restorasyon stratejilerini belirlemenin önemli olduğunu, önerilen simülasyon modeli ile içme suyu tesislerinde işlevselliği geri getirmek için zaman ve maliyet tahminlerinin yapılabildiğini, bu tahminlerin ekonomik açıdan değerli olduğunu ve bu model ile depremin sosyal etkilerinin değerlendirilmesinin mümkün olduğunu açıklamışlardır.

Demiralp (2017) çalışmasında, deprem açısından aktif bir kuşakta yer alan ülkemizde içme suyu ve kanalizasyon boru hatlarına depremin etkisi, Türkiye'nin deprem potansiyeli, boru hatlarında kazı ve dolgu uygulamaları açısından dikkat edilmesi gereken hususlar ve dış kuvvetler etkisi altındaki gömülü boruların verdiği tepkiler üzerine çalışma yapmıştır. Günümüz koşullarında genişleyen kent yaşamına paralel olarak gömülü boru sistemlerinin de her türlü zemin koşullarında inşa edildiği, elverişsiz zeminlerde inşa edilecek altyapı tesislerinde zemin iyileştirme işleminin dikkate alınması gerektiği, bu tür yerlerde zemin iyileştirme işlemlerinin yapılmaması durumunda gömülü borularda hasarların meydana gelebileceği, bölgesel olarak yapılacak çalışmalar neticesinde mevzuata, altyapı tesislerinin tasarımında depremin etkisinin göz önünde bulundurulması hususunda zorlayıcı maddelerin eklenmesi gerektiğini ve zeminlerin tehlike potansiyellerinin hesaplanarak projelendirme safhalarında dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir.

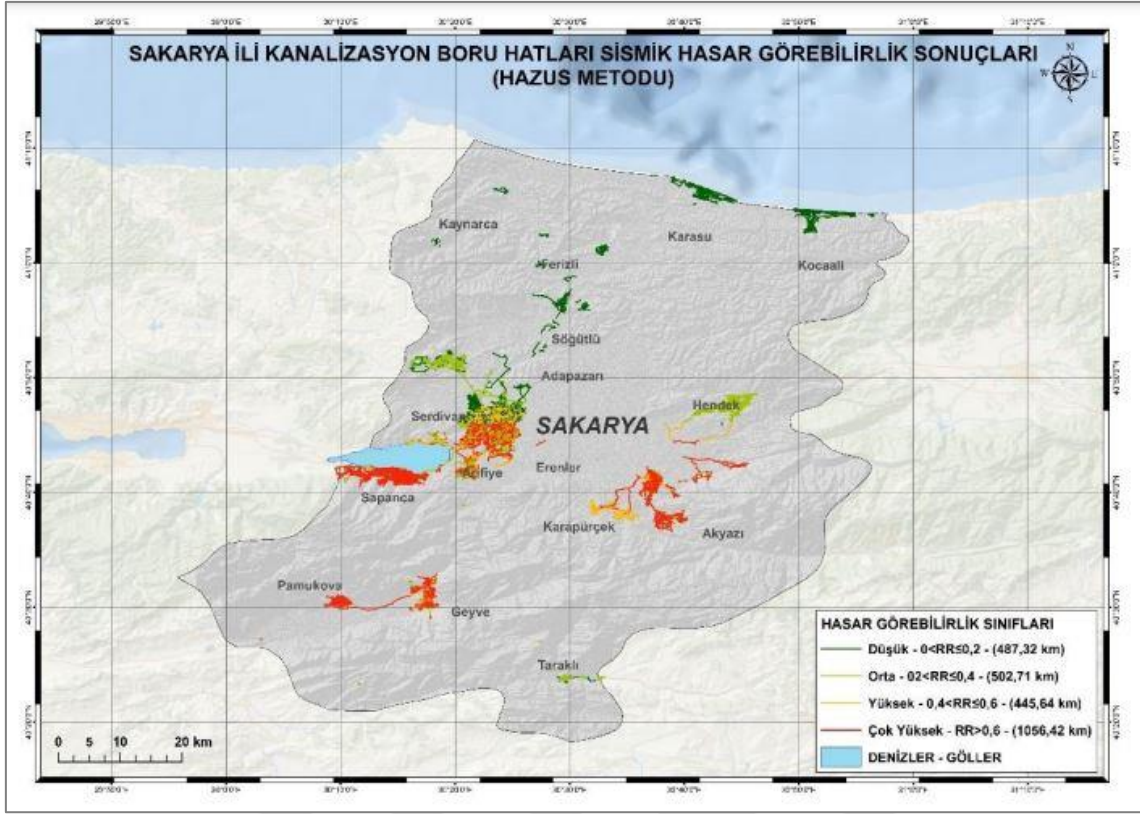
Wham vd. (2017) çalışmalarında, 2016 Kumamoto depremleri sonucunda su kaynaklarında meydana gelen hasarlar üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada hasarın en fazla büyük çaplı boruların vanalarında ve birleşim yerlerinde olduğunu, depreme dayanıklı sfero döküm boruları (ERDIP) ile yüksek yoğunluklu polietilen boru (HDPE) ile inşa edilen boru hatlarında en az hasarın meydana geldiğini, çelik ve dökme demir borularının depreme karşı daha savunmasız olduğunu, hat uzunluğuna göre pvc borulardan inşa edilmiş küçük çaplı servis borularında hasar yüzdesinin daha fazla olduğunu, en büyük onarımın Ø800 mm ve daha büyük çaplarda olduğunu, sismik performans değerlendirildiğinde bağlantı elemanlarında esnek birleşmenin önemli olduğunu açıklamışlardır. Şekil 3.5'te Kumamoto depremi sonrasında içme suyu hattında meydana gelen örnek bir hasar gösterilmiştir.



Şekil 3.5 2016 Kumamoto depremi sonrasında içme suyu hattında meydana gelen hasar (Wham vd., 2017)

Rahimi ve Rezaii (2021), kanalizasyon sistemlerinin sismik performanslarının değerlendirilmesi üzerine çalışma yapmışlardır. Deprem sonrasında kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarlar, bu hasarlar sonrasındaki işlevsellik irdelenerek istatistiksel tespitler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Coğrafi Bilgi Sistemlerine işlenerek varsayımlar yardımı ile hasar ön görüşü simülasyonu oluşturulmuştur. Bu sayede olası senaryolara karşı süreç yönetimine katkı sunulması hedeflenmiştir. Haus yönteminin karar vermeye daha fazla katkı sunduğu ve hata saptamasının daha az olduğunu ve olası hasar bölgelerinde ön görüşüye dayalı gerekli tedbirlerin alınmasına yardımcı olabilecek değerlendirmelerde bulunmuşlardır.

Şahvelet (2022), 1999 Marmara depremi sonrasında altyapı borularındaki sismik hasar görülebilirliği üzerine çalışma yapmıştır. Sakarya ilinde bulunan altyapı tesislerinin işlevselliğini Hazards US, Isoyama gibi metotlar ile analiz etmiştir. Çalışma neticesinde 1999 Marmara depremi sonrasında kanalizasyon borularının neredeyse tamamının kullanılamaz hale geldiğini tespit etmiştir. İl genelinde yaklaşık 2044 noktadan alınan sismik veriler çerçevesinde bir envanter oluşturulmuş olup Coğrafi bilgi sistemleri yardımı ile değişken parametrelerin olduğunu belirtmiştir. Çalışma neticesinde hasar görülebilirliği tanımlayacak şekilde hasar onarım oranlarını elde ederek boruları bu değerlere göre sınıflandırmışlardır. Bu hususla berber boru malzeme cinslerine göre hasar oranları detaylı şekilde belirtilmiştir. Şekil 3.6'da Hazus yöntemi ile Sakarya ilindeki kanalizasyon borularındaki hasar görülme dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Hazus metodu ile kanalizasyon boruları hasar görebilirlik dağılımı (Şahvelet, 2022)

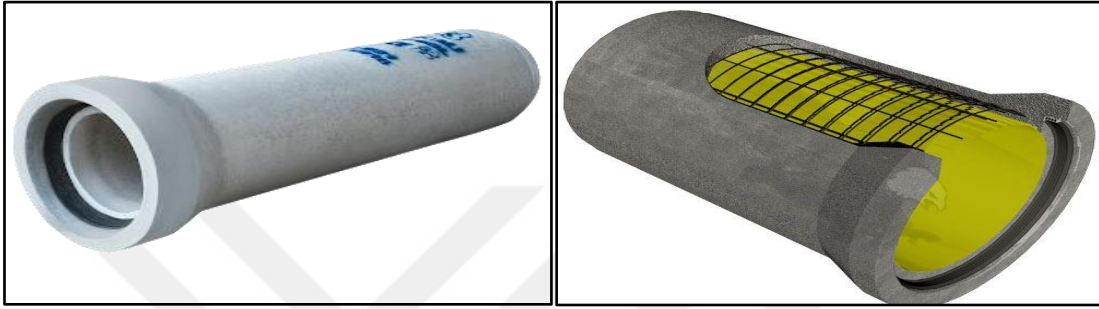
3.1 Türkiye’de Kanalizasyon Sistemlerinde Kullanılan Başlıca Yapı Malzemeleri ve Karakteristik Özellikleri

Ülkemizde kanalizasyon sistemlerinin teşkil edilmesi amacıyla beton/betonarme borular, koruge borular, cam takviyeli plastik borular ve polivinil klorür (pvc) borular kullanılmaktadır. Şebeke hidroliği çözümlenmiş bir sistemde bölgelere göre aktif ve pasif zemin yükleri, zemin cinsi, uygulanabilirliği ve maliyet koşulları gibi özellikler dikkate alınarak ihtiyaç durumuna göre boru tipleri tayin edilmektedir.

3.1.1 Beton/Betonarme Boru

Beton ve betonarme boruların ham maddesi çimento ve agrega olup ülkemizde yaygın olarak bulunmaktadır. Bu sebeple kanalizasyon sistemlerinde genel olarak beton ve betonarme borular tercih edilmektedir. Ø150 mm ve Ø600 mm çapında borular beton boru olarak imal edilirken Ø600 mm ve üstünde üretilen borular betonarme olarak imal

edilmektedir. Betonarme borularda ise beton borudan farklı olarak borunun taşıma kapasitesinin artırılması amacıyla çelik donatı kullanılmaktadır. Ø1600 mm çapına kadar üretilen beton/betonarme borular genellikle sızdırmazlık esaslarının sağlanması amacıyla entegre contalı ve muflu olarak üretilirken Ø1600 mm çapından sonra ise borular lamba zıvanalı olarak üretilmektedir. Şekil 3.7’de kanalizasyon şebeke hatlarında kullanılan beton ve betonarme borular ile ilgili görseller gösterilmektedir.



Şekil 3.7 Kanalizasyon şebekesinde kullanılan beton ve betonarme boru

3.1.2 Korige Boru

HDPE (High Density Poly Etylene) korige boru olarak tanımlanan boru ham maddesi petrol olan bir boru tipidir. Genellikle yüzeye yakın olarak projelendirilen kazı derinliğinin daha az olduğu projelerde ve yer altı su seviyesinin yüksek olduğu bölgelerde korige boru tercih edilmektedir. Korige boru olarak ülkemizde genellikle Ø150 mm ile Ø700 mm arasındaki çaplar tercih edilmektedir. Beton boru ile aynı taşıma kapasitesi koşullarının sağlanabilmesi için yeterli et kalınlığının sağlanması gerektiğinden projesine göre değişkenlik göstermekle beraber dezavantajlı durumlar oluşabilmektedir. Özellikle zemin yapısının asidik olduğu ortamlarda ve boru naklinin zor olduğu kırsal bölgelerde korige boru tercih edilmektedir. Ham maddesinin petrol türevi olmasından dolayı yurt dışındaki piyasa koşullarından doğrudan etkilenmektedir. Bu durumda da HDPE korige boru fiyatlarında kontrolsüz dalgalanmalar oluşabilmekte ve yapım süreçleri olumsuz etkilenebilmektedir. Ø800 mm ile Ø2600 mm çaplarında korige boru kullanılmak istenirse özel üretim olarak spiral sarımlı HDPE korige borular kullanılabilir. Spiral sarımlı HDPE korige borularda ise elastiklik özelliğinin artırılması amacıyla çelik

takviyesi kullanılmaktadır. Şekil 3.8’de kanalizasyon şebeke hatlarında kullanılan koruge HDPE boru ile ilgili görsel gösterilmektedir.



Şekil 3.8 Kanalizasyon şebekesinde kullanılan HDPE koruge boru

3.1.3 Çelik Boru

Demir ham maddesi kullanılarak elde edilen çelik, soğuk heddeleme ve ısıtım işlem gördükten sonra ortaya çıkan basınç ve çekme gerilmeleri yüksek olan bir boru tipidir. Üretim tesislerinde sac haline getirilerek dikişli veya dikişsiz şekilde istenilen proje boyutları için birleştirme işlemi yapılmaktadır. Gömülü borularda meydana gelmesi olası darbelere karşı kullanımda yüksek avantaj sağlamaktadır. Zemin tipine bağlı olarak korozyon oluşması durumunda katodik korumaya ihtiyaç duyulmaktadır ve belirli periyotlar ile bu koruma işleminin göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Aksi durumda korozyona maruz kalmış çelik boru gerek proje ömrünü tamamlayamamakta gerekse proje standartlarını ilerleyen zamanlarda sağlayamamasından dolayı şebeke sisteminde sıklıkla arıza meydana gelebilmektedir. Ülkemizde ise genellikle içme suyu isale hatlarında kullanılmakta ve çok yaygın olmamakla beraber genellikle terfi hatlarında çelik boru tercih edilebilmektedir. Şekil 3.9’da kanalizasyon terfi hatlarında kullanılan çelik boru ile ilgili görsel gösterilmektedir.



Şekil 3.9 Kanalizasyon terfi hatlarında kullanılan spiral sarımlı çelik boru

3.1.4 Polietilen (PE) Boru

Polietilen monomer halde bulunan petrol türevi olan etilen gazının polimerizasyonu ile üretilen bir termoplastiktir. Ülkemizde genellikle PE 100 olarak bilinen ağırlıklı olarak içme suyu şebeke hatlarında aktif olarak kullanılmaktadır. Kanalizasyon hatlarında ise yatay delgi imalatlarında ve terfi hatlarında ağırlıklı olarak polietilen borular tercih edilmektedir. Ø125 mm çapına kadar kangal şekilde üretilen PE 100 borular Ø125 mm'den daha büyük çaplarda genellikle 13,5 metre olarak imal edilmektedir. Polietilen boruyu çelik borulardan ayıran en etkili özellik ise korozyon probleminin olmamasıdır. Kopma uzaması imal şekline göre değişkenlik göstererek % 600 oranında kopma uzama performansı sergilemekte olup elastik özelliği fazladır. Yüksek basınçlarda bile zarar görmeyen PE 100 borular 32 atm iç basınca kadar rahatlıkla performans sergilemektedir. Birleşim işlemlerinde alın kaynağı ve elektro füzyon işlemleri kolaylıkla uygulanmaktadır. Tekniğe uygun birleşme işlemlerinin yapılması durumunda sızdırmazlık koşulu sağlanmaktadır. Esnekliği sayesinde deprem sonrasında hasar görme durumu düşük seviyelerdedir. Şekil 3.10'da kanalizasyon hatlarında kullanılan PE 100 ile ilgili görsel gösterilmektedir.



Şekil 3.10 Kanalizasyon terfi hatlarında kullanılan PE 100

3.1.5 Cam Takviyeli Plastik Borular

Genellikle büyük çaplı içme suyu isale hatlarında kullanılan Cam Takviyeli Plastik Borular (CTP) hareketli yükün ve deprem etkisinin fazla olduğu fay hatlarına yakın bölgelerde yapılması zorunlu olan kanalizasyon sisteminin teşkil edilmesi amacıyla da kullanılmaktadır. CTP, plastik ham madde ile cam elyaf ve reçine türü kimyasalların birleştirilmesi ile oluşan kompozit bir malzemedir. Zeminde mevcut olan PH etkisinden diğer borulara nazaran daha az etkilenmektedir. Diğer boru tiplerine göre çok daha sağlam ve rijit bir özellik göstermesine karşın hafif olması imalat aşamasında avantaj sağlamaktadır. Rijit yapısı nedeniyle genellikle düz kolektör hatlarında daha fazla tercih edilebilmektedir. Isı nedeniyle genellikle düz kolektör hatlarında daha fazla tercih edilebilmektedir. Şekil 3.11’de kanalizasyon kolektör hatlarında kullanılan Cam Takviyeli Plastik Boru (CTP) boru ile ilgili görsel gösterilmektedir.



Şekil 3.11 CTP boru

3.1.6 Polivinil Klorür Boru (PVC)

PVC ülkemizde genel olarak evsel bağlantıların inşa edilmesinde kullanılan dayanımı zayıf plastik bir boru çeşididir. PVC borularda ham madde olarak klor ve petrol türevleri kullanılmaktadır. Şekil 3.12’de kanalizasyon bağlantı hatlarında kullanılan PVC boru ile ilgili görsel gösterilmektedir.



Şekil 3.12 PVC boru ile kanalizasyon bağlantısı yapılması

3.1.7 Asbestli Çimento Boru (AÇB)

Lifli bir yapıya sahip olan asbest mineralinin çimento ile karıştırılması ile elde edilen ateşe ve asit gibi etkilere dayanıklı olup çekme dayanımı yüksek olan bir boru tipidir. 20. yüzyılın ortalarından itibaren ülkemizde içme suyu şebeke sistemlerinde yaygın şekilde kullanılmıştır. Ancak yapılan çalışmalar neticesinde asbest liflerinin ve tozlarının solunum veya sindirim sistemine karışmasından dolayı kanser riskinin arttığı sonucuna varılmıştır. Kanalizasyon sistemlerinde ise 20. yüzyılın ortalarından sonra terfi hatlarında kullanılmıştır. Şekil 3.13'te kanalizasyon terfi hatlarında kullanılan Asbestli Çimento Boru (AÇB) ile ilgili görsel gösterilmektedir.



Şekil 3.13 Asbestli çimento boru

3.2 Deprem Sonrasında Altyapı Sistemlerinin İşlevselliği

Deprem gerçeği göz önünde bulundurulduğunda deprem etkisini en az hasarla atlatmak için ilk müdahaleler çok önemlidir. Bu sebeple hastane, AFAD, itfaiye vb. kurum ve kuruluşlarda deprem sonrasında kesintisiz hizmet esas olmalıdır. Bu tür önem arz eden kurumların gerek üstyapı gerekse altyapı tesisleri deprem sonrasında hizmet verecek derecede olmalıdır. Kaldı ki bu kurumlar dışında olağan hayatın devam ettiği yapılarda bile altyapı tesislerin hizmet verebilir olması çok önemlidir. Çünkü deprem sonrasında hayati fonksiyonların yerine getirilmesi altyapı tesislerinin hizmet vermesine

bağlıdır. Örneğin depremin meydana geldiği bölgede içme suyu isale hatlarında meydana gelen bir hasar neticesinde o bölgede suyun olmayışı veya kanalizasyon kolektör hatlarında meydana gelen hasar neticesinde kanalizasyon hatlarının çalışmamasından dolayı atık suların cadde ve sokaklara taşması gibi durumların hayatı olumsuz etkileyeceği aşikârdır. Bu sebeple altyapı master planları hazırlanırken depremin etkisi göz önünde bulundurularak günü kurtarmak yerine geleceği mühendislik hesaplamaları neticesinde gerçeğe uygun tasarlamak biz mühendislerin en asli görevi olmalıdır. Önem arz eden bu durumla alakalı gerekli tedbirlerin zamanında yeterli ve eksiksiz şekilde alınmış olması Yerel Yönetimlerin üzerinde durması gereken bir konudur. Deprem sonrasında insanlara yaşayabilecek bir ortam sunmak ise sürdürülebilir şehir olma yolunda en önemli hedeflerden biri olmalıdır.

Somut örnek üzerinden açıklamak gerekirse 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremi sonrasında altyapı sektöründe ciddi hasarların olduğu tespit edilmiştir. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığının (SBB) yayımlamış olduğu Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Deprem raporu dikkate alındığında toplamda 15,1 milyar Türk Lirası civarında altyapı hasarı meydana gelmiştir. Yayımlanan deprem raporları altyapı hasar tablosuna bakıldığında 1.842 km kanalizasyon hattının hasarının yaklaşık maliyeti 6.262.000.000 TL civarındadır. Altyapı hasarları içerisinde kanalizasyon hasar oranı %42 oranla en yüksek mertebededir. Buradan da anlaşılabileceği üzere kanalizasyon hasarları deprem sonrasında hasar görme potansiyeli en yüksek altyapı tesislerindendir. Depremin yıkıcı etkisi göz önünde bulundurulduğunda gerek üst yapı gerek alt yapı mühendislik yapılarının tasarım depremine göre projelendirilmesi ve imal edilmesi vatandaşların can güvenliğinin teminatı ve milli servetin korunması açısından oldukça önemlidir. Bu tabloda da anlaşılabileceği üzere kanalizasyon hasarlarının minimum seviyede kalması ve sisteminin işlevselliğini koruması gerekmektedir. Şekil 3.14'te Strateji ve Bütçe Başkanlığının yayımlamış olduğu Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Deprem raporunda depremin yıkıcı etkisi ile deprem sonrasında meydana gelen görüntü öncesi ile beraber gösterilmiştir.



Şekil 3.14 SBB deprem sonrası değerlendirme raporu hasar genel görüntüsü

Bursa Teknik Üniversitesi'nin Kahramanmaraş Depremleri İnceleme ve Değerlendirme Raporu incelendiğinde gömülü borularda meydana gelen hasarlara yönelik tespit çalışmaları yapılmıştır. Tespit çalışmalarında özellikle zemin sıvılaşması etkisiyle düşey düzlemde meydana gelen yer değiştirmeye bağlı altyapılarda meydana gelen deprem hasarlarının olduğu tespit edilmiştir. Kanalizasyon muayene bacalarında işletme kotunun üstüne çıkacak şekilde deplasman meydana gelmiş olup tespit

alışmalarında 20-30 cm kadar yzeylenmelerin meydana geldiği görülmüştür. Söz konusu bu hasarlar işletme açısından olumsuz bir durumdadır. Kanalizasyon şebeke esas çapının Ø300 mm olduğu kabul edilirse 20-30 cm arasındaki yüzeylenme bu hattın doğrudan devre dışı kaldığı anlamına gelecektir. Bu kapsamda deprem sonrasında kanalizasyon hatlarının hasar görmeden ve deprem sonrası müdahalelerin daha kolay yapılabilmesi için hasar boyutunun az ve sistemin işlevselliğini koruması oldukça önemlidir. şekil 3.15'te Hatay ili İşkenderun ilçesinde yapılan altyapı hasar tespit çalışmalarında tespiti yapılan hasarlar gösterilmiştir.



şekil 3.15 İşkenderun ilçesindeki sıvılaşma kaynaklı altyapı elemanlarının yüzeylenmesi



4. MATERİYAL VE YÖNTEM

Literatürdeki çalışmalar dikkate alındığında çeşitli yöntemler ve varsayımlar kullanılarak kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarların tespiti yapılmıştır. Bu tez kapsamında ise 2011 Van Depremi sonrasında kamera monte edilmiş CCVT’li görüntüleme aracı kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarların tespiti yapılmıştır. Boru içerisinde görüntü alındığından kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarlar doğrudan gözlemlenebilmiştir. Yapılan tespitler ile hasara neden olabilecek unsurlar beraber değerlendirilerek kanalizasyon hasar tespit skalası oluşturulmuştur. Oluşturulan kanalizasyon hasar tespit skalsı çerçevesinde 2011 Van depremi sonrasında Erciş ilçesindeki kanalizasyon hatlarının genel durumu incelenmiştir.

4.1 Erciş (Van) İlçesinin Kanalizasyon Sistemi

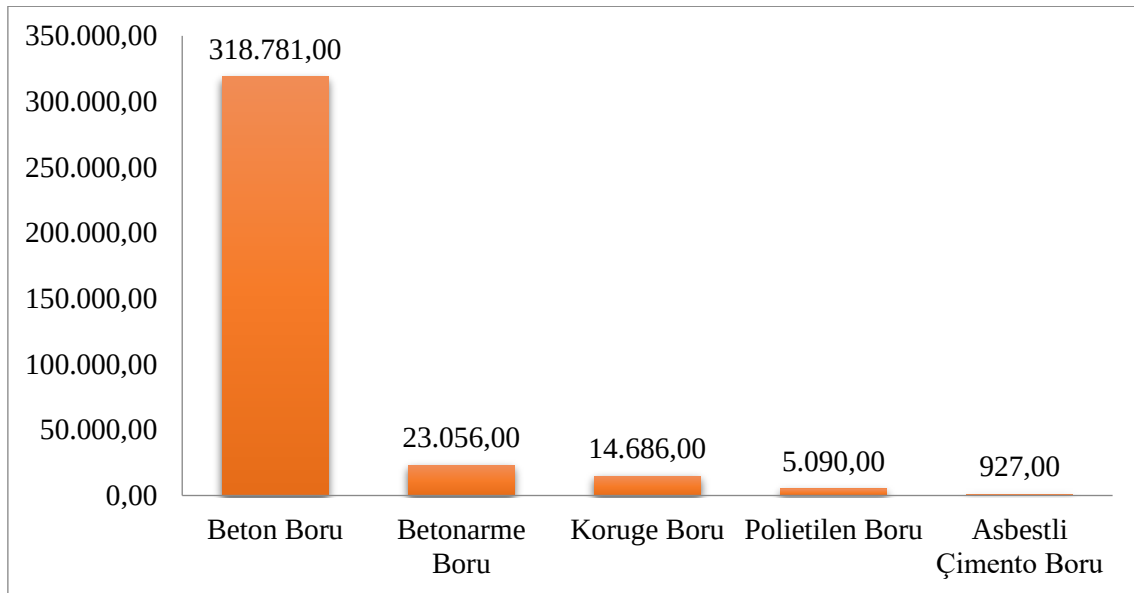
Erciş, Van ilinin kuzey bölgesinde bulunan 2019 yılı nüfus sayımına göre 175.108 nüfusa sahip bir ilçedir. İlçenin günümüzde kullanılan kanalizasyon şebeke sistemi 1990’lı yıllardan süre gelen kısmi ilave imalatlarla tamamlanmıştır. Son olarak 2013 yılında yapımına başlanılan Erciş (Van) Atık su Arıtma Tesisi ve Kanalizasyon İnşaatı yapım işi ile ihtiyaç duyulan bölgelerin kanalizasyon sistemi tamamlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca 31.03.2014 tarih ve 2014/6072 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla Van Su ve Kanalizasyon İdaresi’nin kurulması kararlaştırılmıştır. Bu sebeple 2014 yılından günümüze kadar geçen süreçte Van Su ve Kanalizasyon İdaresi (VASKİ) tarafından Erciş’te ihtiyaca göre kısmi kanalizasyon işleri yapılmıştır. VASKİ yetkililerinden alınan bilgiye göre 2014 yılından bu yana VASKİ tarafından yapılan kanalizasyon şebeke hatları genellikle korozyon boru şeklinde yapılmıştır.

4.1.1 Kullanılan Boru Tipleri

Erciş’te yapılan kanalizasyon sistemi 1990’lı yıllardan itibaren İller Bankası A.Ş. tarafından peyde pey yapılmıştır. Ayrıca 2014 sonrasında ihtiyaca göre VASKİ tarafından da kısmi kanalizasyon ikmal işleri yapılmıştır. Erciş ilçesinde şimdiye kadar yapılan tüm işlerin birleştirilmesiyle elde edilen Erciş Kanalizasyon şebeke sisteminde,

Beton/Betonarme Boru, HDPE Korige Boru, Polietilen Boru ve Asbestli Çimento Boru tiplerinin kullanıldığı görülmüştür.

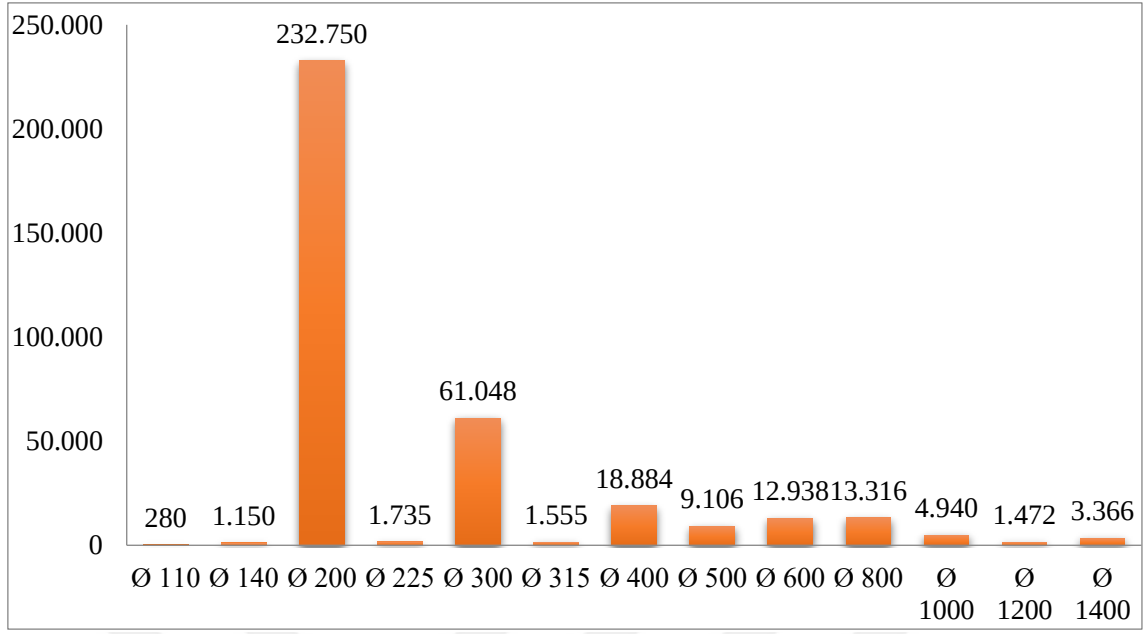
Erciş Kanalizasyon Şebeke sisteminde hidrolik açıdan şebeke esas borusu olarak Ø 200 mm çaplı beton borular kullanılmıştır. Ayrıca kolektör hatlarında betonarme borular kullanılırken terfi hatlarında Polietilen (PE 100) ve Asbestli Çimento Boruların (AÇB) kullanıldığı görülmektedir. Farklı yıllarda yapılan tüm imalatlar gerek cazibe ile gerek terfi merkezleri yardımıyla merkezinin güneyinde bulunan Atık Su Arıtma Tesisinin olduğu bölgede toplanmıştır. Erciş Kanalizasyon Sisteminde kullanılan boru tiplerinin miktarı Şekil 4.1’de gösterilmiş olup kanalizasyon toplam hat miktarı 362.540,00 metredir.



Şekil 4.1 Erciş kanalizasyon sisteminin boru tiplerine göre miktarı

4.1.2 Hidrolik Açıdan Boru Çapları

Erciş Kanalizasyon sisteminde şebeke esas borusu Ø200 mm çaplı borulardır. Toplamda 61.682,00 metre kolektör hattı bulunmaktadır. Kolektör hatlarında ağırlıklı olarak beton/betonarme borular ile kısmi olarak korige borular kullanılmıştır. Terfi hatlarında ise ağırlıklı olarak polietilen borular kullanılmış olup toplam hat uzunluğu 6.017,00 metredir. Erciş Kanalizasyon Sisteminde kullanılan boru çaplarının miktarları Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Erciş kanalizasyon sisteminin boru çaplarına göre miktarı



5. DEPREMİN BORU HATLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Bu tez çalışmasında 23 Ekim 2011 Van-Tabanlı depremi sonrasında Erciş ilçesindeki kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarların tespit edilmesi ve bu hasarların gerekçelerinin belirlenmesi hakkında tespitler yapılmıştır.

5.1 Kanalizasyon Şebeke Sistemine Ait Sayısal İşletme Planları Verilerinin Toplanması

Erciş ilçesinde 2011 yılına kadar kademeli olarak yapımı tamamlanan kanalizasyon hatlarına ait veriler İller Bankası A.Ş. Van Bölge Müdürlüğü ile Van Su ve Kanalizasyon İdaresinden temin edilmiştir. Kanalizasyon şebekesine ait veriler işlenerek Autocad programı ortamına alınmıştır. Alınan veriler incelendiğinde yapımı tamamlanan kanalizasyon hatları 1. kademe hatları olarak sayısal işletme planlarında görünürken yapımı planlanan kanalizasyon hatları ise 2. kademe hatlar olarak belirtilmiştir. Erciş ilçesine ait kanalizasyon sayısal işletme planı dikkate alındığında 1. kademe kanalizasyon hatları ile 2. kademe kanalizasyon hattı olup yapımı tamamlanan kanalizasyon şebeke hattı uzunluğu toplamda 362.540,00 metredir. Kanalizasyon şebeke hatları, toplayıcı hatlar, terfi hatları ve kolektör hatları ayrı ayrı olarak değerlendirilmiş olup bu hatlara ait veriler Autocad programından alınarak Microsoft Excel programına aktarılmıştır. Autocad ortamında bulunan Erciş ilçesi 1. ve 2. kademe kanalizasyon şebeke hatları Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Erciş kanalizasyon sistemi Autocad görüntüsü

5.2 Kanalizasyon Sisteminde Hasar Gören Boru Çaplarının Tespit Edilmesi

2011 yılında Van- Tabanlı ve Van-Edremit depremleri sonrasında Erciş ilçesinde kanalizasyon şebeke sisteminde hasarlar meydana gelmiştir. Hasar gören şebeke hatlarının tespit edilebilmesi için İller Bankası A.Ş. Van Bölge Müdürlüğünce görevli teknik personeller ve Erciş Belediyesince görevli teknik personellerden oluşan bir heyetle 18-22.06.2012 tarihinde tespit çalışmaları gerçekleştirmiştir. Yapılan tespit çalışmalarında 17.439,00 m hattın hasar gördüğü ve bu hatlarda kanal görüntüleme işlemlerinin yapılması gerektiği kanaatine varmıştır. Kanalizasyon görüntüleme işlemi İller Bankası A.Ş. Van Bölge Müdürlüğü marifetince yapılmış olup 10.046 m hattın görüntülenmesi alınabilmektedir. Geriye kalan ve muayene bacası kontrolü ile hasar durumu tespit edilen hatlarda aşırı derecede su birikintisi nedeni ile kamera ile görüntü alınamamıştır.

Kanalizasyon görüntüleme işlemlerinin tamamlanmasına müteakip İller Bankası A.Ş. Altyapı Uygulama Dairesi Başkanlığınca görevli teknik personeller, İller Bankası

A.Ş. Van Bölge Müdürlüğünce görevli teknik personeller ve Erciş Belediyesince görevli teknik personellerden oluşan heyet 19-20.02.2013 tarihinde hasar gören kanalizasyon hatlarına ait mahallinde tespit çalışmaları yapmıştır. Tespit çalışmaları neticesinde toplamda 9.674,30 m şebeke ve toplayıcı hatların kullanılamayacak durumda olmasından dolayı yenilenmesi gerektiğine karar vermiştir. Heyet marifetiyle yapılan kanalizasyon hatları hasar tespit çalışmaları hidrolik çap bilgileri Çizelge 5.1’de gösterilmiştir. Çizelge 5.1’te gösterilen hasar görme yüzdeleri kanalizasyon görüntülemesi neticesinde 9.674,30 m’ lik kanalizasyon hattında meydana gelen hasarların oransal miktarını temsil etmektedir.

Çizelge 5.1 Deprem sonrası hasar gören kanalizasyon hatlarına ait veriler

Sıra no	Boru anma çapı (mm)	Hasar gören Boru uzunluğu (m)	Hasar görme yüzdesi (%)
1	Ø 200	457,60	4,73
2	Ø 300	8537,00	88,24
3	Ø 400	679,70	7,03

5.3 Kanalizasyon Sistemlerinde Görüntülenme İşlemi

Kanalizasyon şebeke yapım aşamasında veya yapımı tamamlanan ünitelerin fen ve sanat kurallarına uygunluğunun denetlenmesi amacıyla kanalizasyon görüntüleme işlemi yapılmaktadır. Kanalizasyon görüntüleme işlemi kamera monte edilmiş CCVT’li görüntüleme aracı ile yapılmaktadır. Görüntüleme aracı 360° dönebilen başlıklı, düz çekim yapabilen, saatin tüm yönlerinde anlık video kaydı alabilen ve sızdırmaz özelliklere sahip olmalıdır. Kanalizasyon görüntüleme aracı ile kanalizasyon şebeke hattının genel durumunun, atık su akışının, kanalizasyon hat eğiminin, varsa kırılma, ezilme, büzülme gibi hasarların ve kanalizasyon hat uzunluğu gibi verilerin tespit edilmesi mümkündür.

Van- Tabanlı ve Van-Edremit depremleri sonrasında kanalizasyon hattında meydana gelen hasarlar kamera monte edilmiş CCVT’li görüntüleme aracı ile tespit edilmiştir. Bu görüntüler toplamda yaklaşık 13 saat kadardır. Kanalizasyon hatlarında görüntü alma işlemini yapan aracın resmi Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

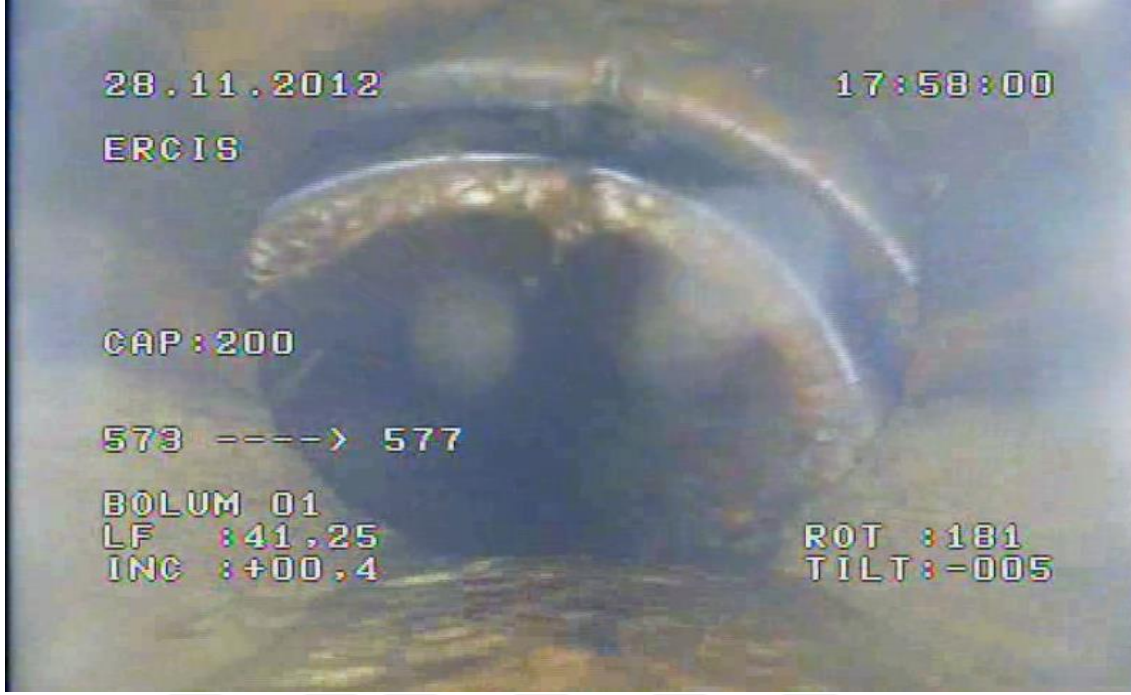


Şekil 5.2 Kamera monte edilmiş CCVT’li görüntüleme aracı

5.4 Erciş Kanalizasyon Sisteminde Hasar Gören Hatların Kanalizasyon Görüntülenme İşlemi ile Tespit Edilmesi

Kanalizasyon sistemlerinde boruların kalitesi, varsa hasar veya imalat hatası gibi durumların tespiti CCVT (Close Circuit Tele Vision) denen Kapalı Devre izleme sistemi ile irdelenmektedir. Bu sistem kanalizasyon sistemlerinde 2 muayene bacası arasında robot kamera yardımı ile hat güzergâhı, hat eğimi, hat uzunluğu, birleşim yeri montaj detayı gibi verilen alınmasına ve kaydedilmesine olanak sağlanmaktadır. 2011 yılında Van- Tabanlı ve Van-Edremit depremleri sonrasında Erciş ilçesinde kanalizasyon şebeke sisteminde meydana gelen hasarlar kamera monte edilmiş CCVT’li görüntüleme aracı ile tespit edilmiştir. Kanalizasyon görüntülenmesi yapılan hatlarda farklı tiplerde hasarların olduğu görülmüştür.

Erciş ilçesinde deprem sonrasında boru ek yerinden ayrılan, boruda oturma ve çatlak meydana gelen kanalizasyon hattına ait örnek bir görüntü Şekil 5.3’te gösterilmiştir.



Şekil 5.3 Erciş ilçesinde hasar görmüş kanalizasyon borusu

5.5 Erciş Kanalizasyon Sistemindeki Borulara Ait Hasar Tipleri

Erciş Kanalizasyon sisteminde 2011 depremi sonrasında işlevselliğini koruyan ve işlevselliğini yitiren 2 ana hasar tipi meydana gelmiştir. Bu tez çalışmasında işlevselliğini yitiren gömülü boru tipleri üç farklı hasar boyutunda irdelenmiştir. Kanalizasyon görüntüsü alınan hatlar dikkate alındığında toplamda 17.439,00 m' lik şebeke ve toplayıcı hatlarda kalıcı hasarların meydana geldiği görülmüştür. Bu kalıcı hasarlar nedeniyle kullanılamaz hale gelen gömülü borular hafif hasar, orta hasar ve ağır hasar olmak üzere 3 ana başlıkta irdelenmiştir. Yapılan hasar tespit çalışmaları neticesinde altyapı hasar skalası bu tez kapsamında oluşturulmuştur. Literatürde yapılan araştırmalarda kanalizasyon hasarları önceden sınıflandırılmamış olup bu tezde literatürdeki bu boşluğun doldurulması hedeflenmiştir. Tez kapsamında oluşturulan hasar skalası dikkate alındığında, hasarın boru üzerindeki etkisine göre hasar tiplerinin belirlendiği görülecektir. Özellikle ülkemizde ileride meydana gelmesi muhtemel deprem sonrasında hasar tespit çalışmaları yapılırken bu hasar skalasının kullanılması uygulama birlikteliği ve çalışmaların daha etkili bir şekilde tamamlanması açısından oldukça önemlidir. Çizelge 5.2'te kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarlara ait hasar skalası gösterilmektedir.

Çizelge 5.2 Kanalizasyon hasar tespit skalası

Sıra No	Hasara Ait Açıklama	Hafif Hasar	Orta Hasar	Ağır Hasar
1	Boru Birleşim Yerinde Meydana Gelen Açıklık (mm)	0<Açıklık Miktarı<20	20≤Açıklık Miktarı<30	Açıklık Miktarı≥30
2	Hasar Sonrası Meydana Gelen Açıklıktan Dolaylı Hidrolik Kesitte Meydana Gelen Daralma Oranı (%)	0<Daralma Oranı<15	15≤Daralma Oranı<50	50≤Daralma Oranı<100
3	Deprem Sonrası Boruların Geçici Olarak İşletmede Kullanılabilme Durumu (%)	100	25≤Kullanılabilme Oranı<100	0<Kullanılabilme Oranı<25
4	Boru Aksında Meydana Gelen Eksenel Sapma Miktarı (mm)	0<Sapma Miktarı<10	10≤Sapma Miktarı<20	Sapma Miktarı≥20
5	Yerel Yönetimlere İşletme Açısından Oluşturulan İş Yüğü (%)	0	50	100
6	Hasar Sonrası Boru Aksında Meydana Gelen Ters Eğim Miktarı (mm)	0<Ters Eğim<20	20≤Ters Eğim<60	Ters Eğimi≥60
7	Boru Hattında Kırık Meydana Gelmesi	Görülmez	Görülmez	Görülür
8	Entegre Conta Hasarı	Görülmez	Görülmez	Görülür
9	Boru Hattında Eksenel Çatlakların Meydana Gelmesi	Görülmez	Görülmez	Görülür
10	Boru Birleşim Yerinde Meydana Gelen Hasardan Dolaylı Tıkanıklık Oluşması	Görülmez	Nadiren Görülür	Görülür

5.5.1 Hafif Hasar Gören Kanalizasyon Hatları

Erciş Kanalizasyon sistemi kanal görüntüleme videoları incelendiğinde, görece olarak hafif olarak adlandırılan hasar tipi dikkate alındığında genellikle bu hasar tipinde diğer hasar tiplerinde olduğu gibi kalıcı hasarların meydana geldiği görülmüştür. Ancak hafif hasar tipinde deprem sonrasında kanalizasyon hatlarında kısmi akışın olduğu, bu akışın deprem sonrasında zorunlu işletmede kullanılabileceği görülmüştür. Ancak depremin ilk şoku atlatıldıktan sonra kentsel dönüşüm işleri ile paralel olarak söz konusu

bu hatların ilk yatırım programına alınması gerektiği tespit edilmiştir. Bu hasar tipinde genellikle boru birleşim noktalarında kısmi ayrışmaların olduğu, bu ayrışmaların genellikle 5 mm - 20 mm seviyesinde kaldığı, ayrışmalara bağlı olarak kanalizasyon hatlarına dışarıdan yer altı suları girerek hidrolik kesitlerde kısmi ayrışmaların olduğu ve eğim problemlerinin olduğu görülmüştür. Kanalizasyon şebeke hatlarında genelde tercih edilen 1/300 eğim koşulunun sağlandığı ve hafif hasar alan boru hatlarının geçici olarak kullanılabileceği görülmüştür. Hafif hasar olarak nitelendirilen hasar tipinin kullanılamaz olarak ele alınmasının en temel sebepleri şu şekildedir:

- Dışarıdan su girişine bağlı olarak hidrolik kesitin tasarım dışına çıkması ve belirli bir zaman sonra işlevini yitirmesi
- Kritik eğimli olan kanalizasyon hatlarında, boru birleşim noktalarındaki kaymaya bağlı olarak akış problemlerinin ortaya çıkması
- Hasar gören boru hattına bağlanan diğer boruların deşarj noktası olmasına bağlı olarak işletmesel sorunların ortaya çıkması ve yerel yönetimlere uzun vadede işletme yükü oluşturmaları

Aşağıda 2011 Van Depremi sonrasında Erciş ilçesinde bulunan kanalizasyon hatlarında hafif hasar tipi olarak adlandırılan hasarlara ait görüntüler gösterilmiştir. Şekil 5.4'te akış devam etmekte olup ancak boru birleşim noktasında ayrışma bulunmaktadır. Ayrışma miktarı ortalama 15 mm seviyesindedir.



Şekil 5.4 552-552/A boru hattı hafif hasar örneği

552-552/A boru hattı hafif hasar örneği dikkate alındığında borunun sünnet kısmında ayrışma meydana gelmiştir. Standart tip Ø200 mm entegre contalı bir borunun et kalınlığı 38 mm olup hasar görüntüsü incelendiğinde ayrışma miktarı yaklaşık 15 mm seviyesindedir. Bu ayrışma SketchUp programında 3 boyutlu olarak çizilip Şekil 5.5'te temsili olarak gösterilmiştir.



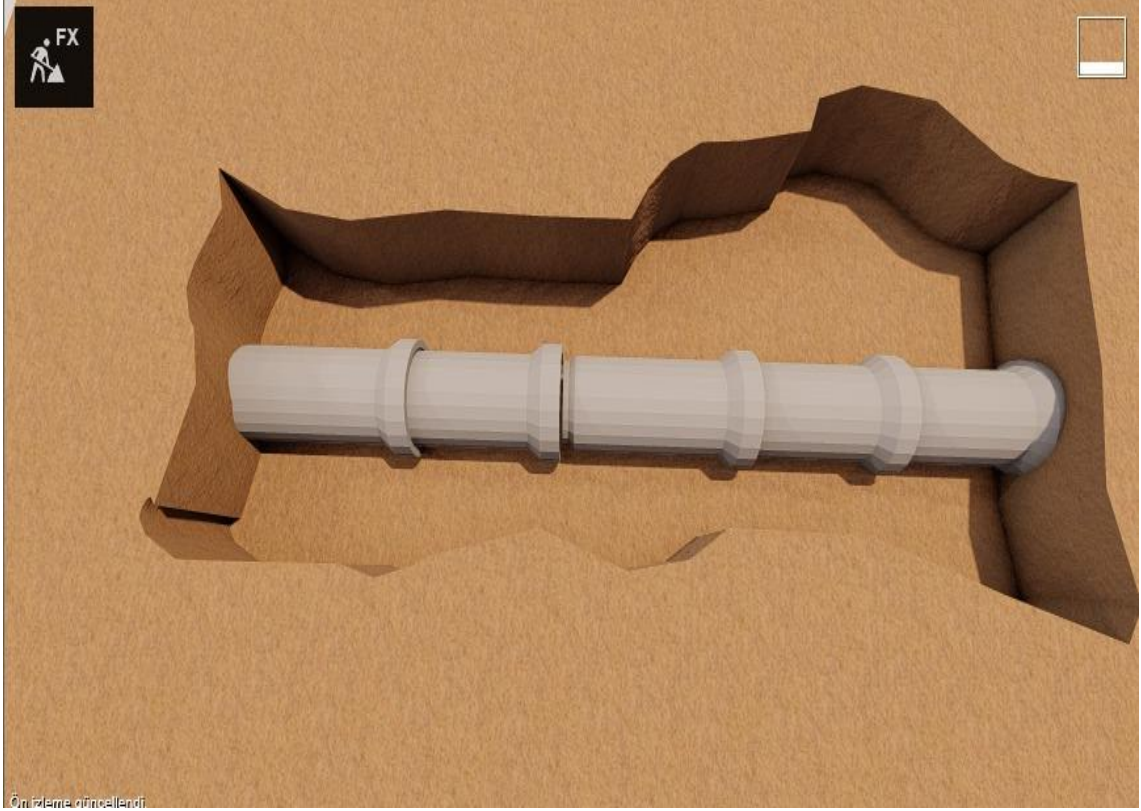
Şekil 5.5 552-552/A boru hattı hafif hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş

Şekil 5.6’da akış devam etmekte olup ancak boru birleşim noktasında kısmi ayrışma bulunmaktadır. Ayrışma miktarı 10-15 mm seviyesindedir.



Şekil 5.6 662-661 boru hattı hafif hasar örneği

662-661 boru hattı hafif hasar örneği dikkate alındığında ayrışma miktarı 10-15 mm seviyesindedir. Bu ayrışma SketchUp programında 3 boyutlu olarak çizilip Şekil 5.7’de temsili olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.7 662-661 boru hattı hafif hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş

Şekil 5.8’de akış devam etmekte olup ancak boru birleşim noktasında kısmi ayrışma bulunmaktadır. Ayrışma miktarı 15-20 mm seviyesindedir ve boru birleşim noktasından su sızıntısı meydana gelmiştir.



Şekil 5.8 541-545 boru hattı hafif hasar örneği

5.5.2 Orta Hasar Gören Kanalizasyon Hatları

Erciş Kanalizasyon sistemi kanal görüntüleme videoları incelendiğinde, görece orta olarak adlandırılan hasar tipi dikkate alındığında genellikle bu hasar tipinde hafif hasara nazaran daha belirgin kalıcı hasarların meydana geldiği görülmüştür. Orta hasar tipinde yer yer deprem sonrasında kanalizasyon hatlarında kısmi akışın olduğu, yer yer ise akışın durma noktasına geldiği görülmüştür. Orta hasar alan kanalizasyon hatlarının bir kısmı devre dışı kalırken bir kısmında maksimum doluluk oranı üzerinde kısmi akış olduğu tespit edilmiştir. Bu hasar tipinin şebeke hatlarına denk gelen kısımlarında zorunlu kullanım durumuna göre işlevsel olarak değerlendirilebileceği tespit edilmiştir. Ancak toplayıcı hatlara denk gelen orta hasarlarda, kentsel dönüşüm çalışmalarını beklemeden ilk müdahale yapılması zaruri bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu hasar tipinde genellikle boru birleşim noktalarında ayrışmaların olduğu, bu ayrışmaların genellikle 15 mm - 30 mm seviyesinde olduğu, bu ayrışmalara bağlı olarak kanalizasyon hatlarına dışarıdan yer altı suları girerek hidrolik kesitlerde belirgin daralmaların olduğu ve

ayrışmalardan kaynaklı akış sorunlarının olduğu görülmüştür. Kanalizasyon şebeke hatlarında genelde tercih edilen 1/300 eğim koşulunun sağlandığı ve orta hasar alan boru hatlarının %75 lik kısmının geçici olarak kullanılabileceği bunun dışında kalan hatların işlevini yitirdiği görülmüştür. Orta hasar olarak nitelendirilen hasar tipinin genel çerçevede kullanılamaz olarak ele alınmasının en temel sebepleri şu şekildedir:

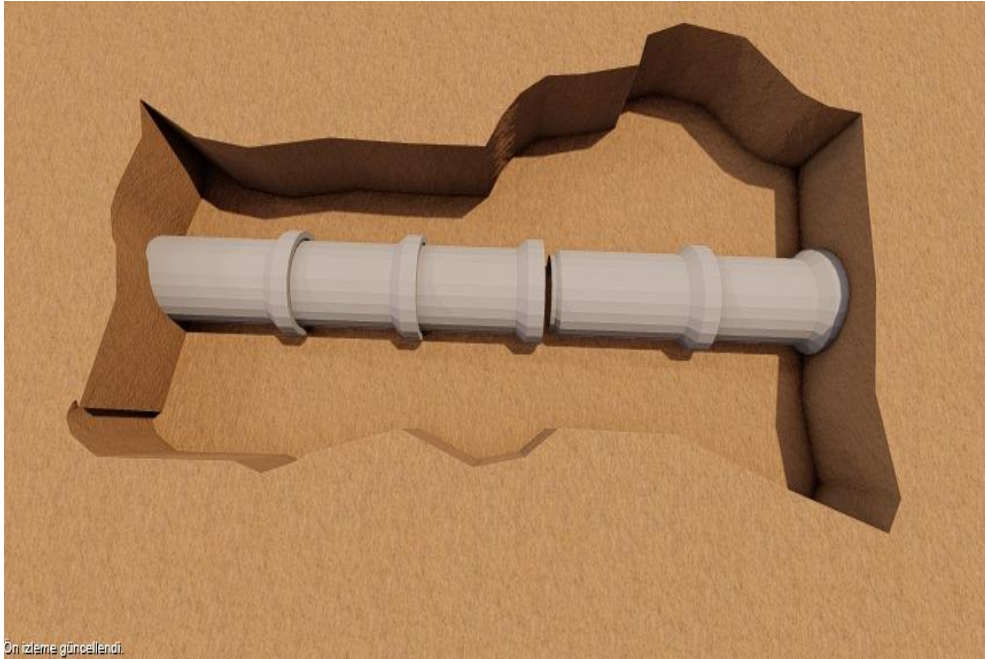
- Dışarıdan su girişine bağlı olarak hidrolik kesitin max doluluk seviyesinin üstüne çıkması ve boru hatlarının işletme dışı kalması
- Kritik eğimli olan kanalizasyon hatlarında boru birleşim noktalarındaki kaymaya bağlı olarak akış problemlerinin ortaya çıkması
- Hasar gören boru hattına bağlanan diğer boruların deşarj noktası olmasına bağlı olarak işletmesel sorunların ortaya çıkması ve yerel yönetimlere uzun vadede işletme yükü oluşturması
- Aşırı su girişi nedeni ile yerel yönetimlerin makine ekipmanları ile bu su akışını sağlayabilecek durumlarının olmaması
- Hasar gören yapı elemanlarından dolayı ters eğim gibi akış problemlerinin olması

2011 yılı Van Depremi sonrasında Erciş ilçesinde bulunan kanalizasyon hatlarında orta hasar tipi olarak adlandırılan hasarlara ait görüntüler aşağıda gösterilmiştir. Şekil 5.9’da akış devam etmekte olup ancak boru birleşim noktasında ciddi bir ayrışma mevcut ve yoğun su girişi bulunmaktadır. Ayrıca hat boyunca hasar gören altyapı sisteminden dolayı yer yer ters eğimler meydana gelmiştir. Ters eğimler sebeple hat güzergâhında akış sorunu bulunmaktadır. Ayrışma miktarı ortalama 25 mm seviyesindedir.



Şekil 5.9 11329-11340 boru hattı orta hasar örneği

11329-11340 boru hattı orta hasar örneği dikkate alındığında ayrışma miktarı 25 mm seviyesindedir. Bu ayrışma SketchUp programında 3 boyutlu olarak çizilip Şekil 5.10'da temsili olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.10 11329-11340 boru hattı orta hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş

Şekil 5.11’de kısmi akış devam etmekte olup ancak boru birleşim noktalarında ciddi ayrışmalar mevcut. Ayrışma miktarı 20 mm seviyesindedir ve boru birleşim noktasından aşırı su sızıntısı meydana gelmiştir.



Şekil 5.11 1079-1055 boru hattı orta hasar örneği

Şekil 5.12’de yanal ötelenmeye bağlı boru hattı aksında kayma meydana gelmiştir. Yanal ötelenmeden dolayı boru hattı içerisinde oluşan dişte zamanla atık su birikerek kanalizasyon sistemini işlevsiz hale getirecektir. Ayrıca olası yer altı suyu durumunda dışarıdan su girişi olabileceği gibi mevcut kanalizasyon suyunun da dışarıya bulaşmasına bağlı olarak çevresel sorunlar meydana gelebilmektedir. Bu hat güzergahındaki örnek görüntüde boru birleşim noktasındaki ayrışma miktarı 20 mm seviyesindedir.



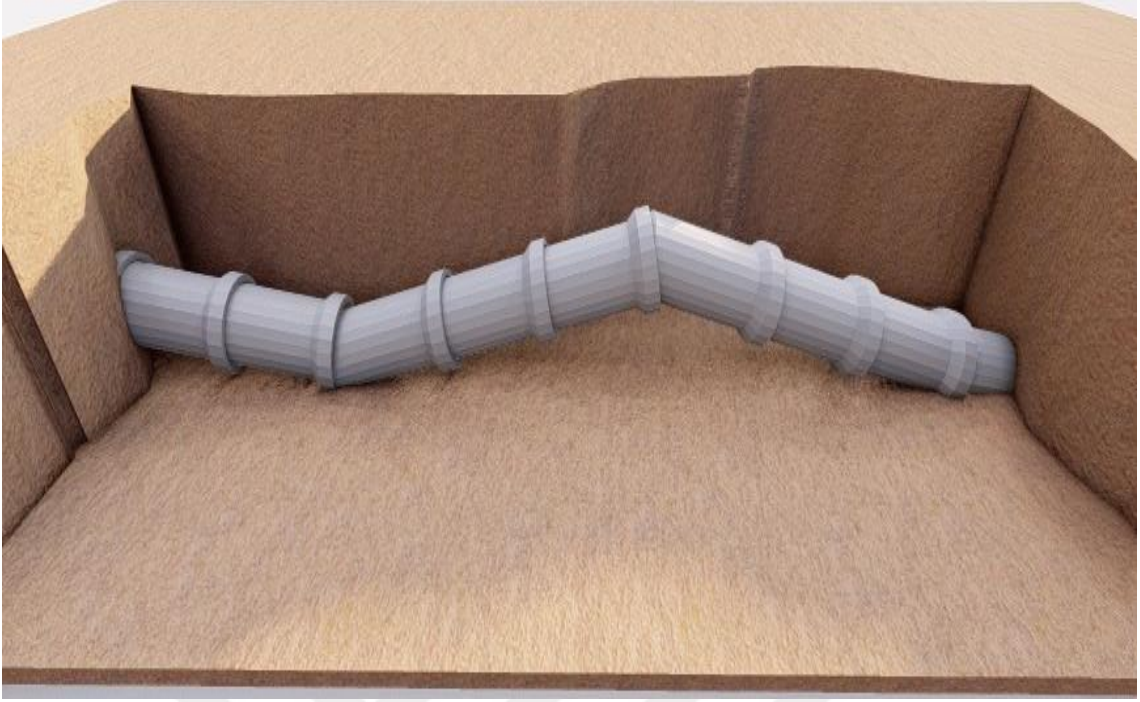
Şekil 5.12 1079-1055 boru hattı orta hasar örneği

Şekil 5.13'te kanalizasyon hat güzergâhında meydana gelen hasarlardan dolayı hat güzergâhında maksimum doluluk meydana gelmiş olup akış durma noktasına gelmiştir. Kanalizasyon video görüntüleri dikkate alınınca boru hattındaki hasar durumu net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 5.13 1054-1055 boru hattı orta hasar örneği

1054-1055 boru hattı orta hasar örneği dikkate alındığında hat eksenine dik düzleminde yanal atılma sebebiyle ters eğim meydana gelmiş olup hat içerisinde atık su birikmiştir. Hasar sonrasında meydana gelen ters eğim sorunu SketchUp programında 3 boyutlu olarak çizilip Şekil 5.14’te temsili olarak gösterilmiştir. Temsili olarak gösterilen bu görüntü hasarın anlaşılabilmesi açısından abartılı olarak çizilmiştir.



Şekil 5.14 1054-1055 boru hattı orta hasar örneği temsili 3 boyutlu yandan görünüş

Şekil 5.15’te kanalizasyon hat güzergâhında depremden kaynaklı meydana gelen hasarlardan dolayı hat güzergâhındaki ayrışma görülmektedir. Bu hat yukarıda Şekil 5.13’ te gösterilen hat güzergâhının akar yönündeki kısmıdır. Deprem sonrasında meydana gelen hasarlardan dolayı 1054 nolu muayene bacası ile 1055 nolu muayene bacası arasındaki bu kısımda, birleşim noktasında ayrışma meydana gelmiştir. Öncesindeki maksimum doluluk, ters eğim sorunu ve buradaki ayrışma beraber ele alındığında bu hat güzergâhının artık kullanılamaz hale geldiği görülmüştür. Ayrışma miktarı 25 mm seviyesindedir.



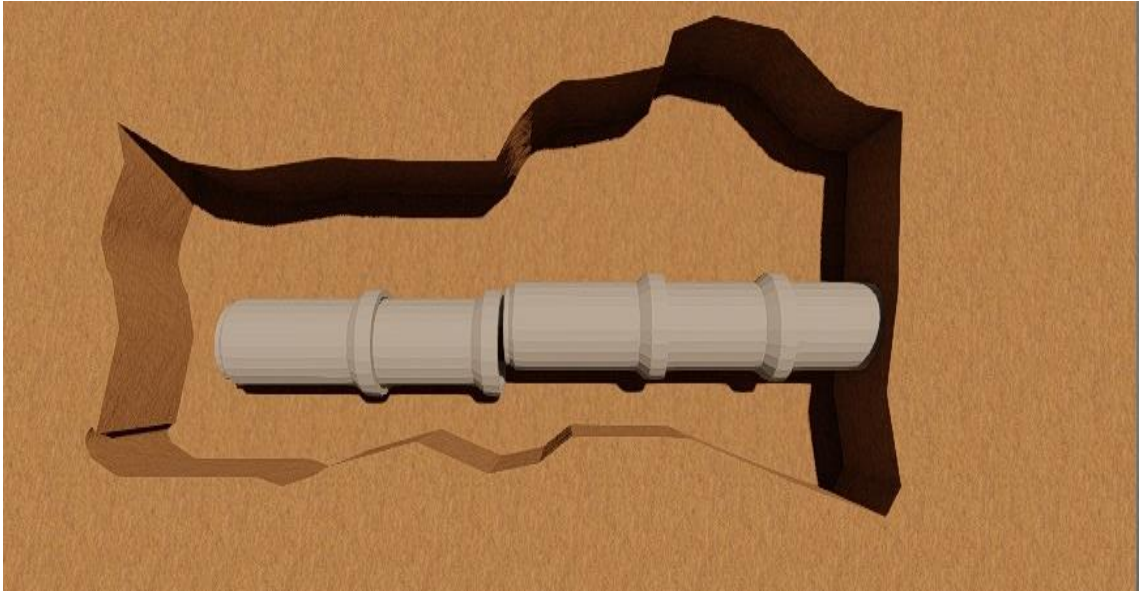
Şekil 5.15 1054-1055 boru hattı orta hasar örneği

Şekil 5.16'da kanalizasyon hattının içi %100 atık su ve yeraltı suyu ile dolmuştur. Kanalizasyon videosunun büyük bir kısmında hat doluluğu maksimum seviyededir. Ekran görüntüsü alınan görüntü dikkate alındığında deprem sebebi ile boru birleşim yerinde 30 mm lik bir kayma meydana gelmiştir.



Şekil 5.16 11329-11339 boru hattı orta hasar örneği

11329-11339 boru hattı orta hasar örneği dikkate alındığında, hat ekseninde x ve y düzleminde yanıl atılma sebebiyle hasar meydana gelmiştir. Hasar sonrasında meydana gelen birleşim yerindeki ayrışma sorunu SketchUp programında 3 boyutlu olarak çizilip Şekil 5.17’de temsili olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.17 11329-11339 boru hattı orta hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş

5.5.3 Ağır Hasar Gören Kanalizasyon Hatları

Erciş Kanalizasyon sistemi kanal görüntüleme videoları incelendiğinde görece olarak ağır olarak adlandırılan hasar tipi dikkate alındığında, genellikle bu hasar tipinde işletmeye engel belirgin kalıcı hasarların meydana geldiği görülmüştür. Ağır hasar tipinde deprem sonrasında kanalizasyon hatlarının genel olarak devre dışı kaldığı görülmüştür. Ağır hasar tipinin meydana geldiği gömülü borularda acil reaksiyon alınarak hat yenileme çalışması yapılmalıdır. Bu hasar tipinde genellikle boru oturmalarının olduğu, borularda kırıkların meydana geldiği, borularda çatlakların meydana geldiği, entegre contanın zarar görerek sıkışmaya bağlı yerinden çıktığı ve boru birleşim yerlerinde belirgin kopmaların ve ayrışmaların olduğu görülmüştür. Bu sebeplerden ötürü hat genel teknik parametrelerden tamamen uzaklaştığı görülmüştür. Ağır hasar tipi kullanılamaz olarak ele alınmasının en temel sebepleri şu şekildedir:

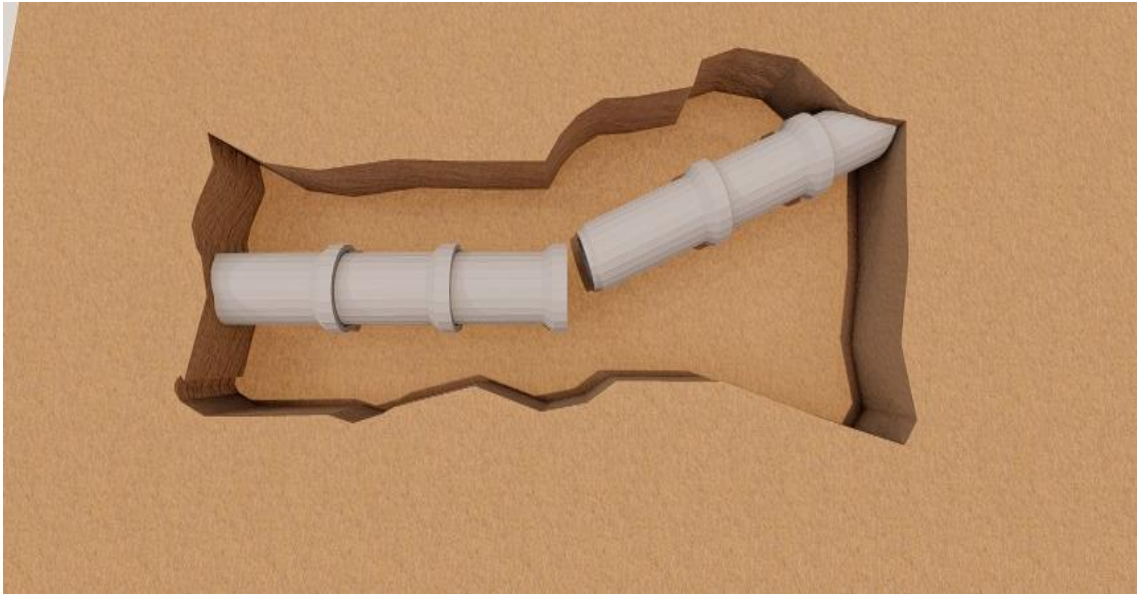
- Boru hatlarında kırık ve çatlakların olması
- Boru hatlarını birbirine bağlayan ve sızdırmazlığı sağlayan entegre contanın yerinden çıkması
- Boru hatlarında eksenel oturmaların meydana gelmesi
- Kanalizasyon hattının sürekliliğinin koparak hat akışının sağlanamaması
- Dışarıdan su girişine bağlı olarak hidrolik kesitin max doluluk seviyesinin üstüne çıkması ve boru hatlarının işletme dışı kalması
- Aşırı su girişi nedeni ile hattın maksimum doluluk oranına ulaşması
- Ağır hasar alan boru hattının dışarıdan mil veya toprak ile dolarak tıkanması

2011 yılı Van Depremi sonrasında Erciş ilçesinde bulunan kanalizasyon hatları dikkate alındığında, ağır hasar olarak adlandırılan görüntülerde genel olarak görüntü alınamadığı görülmüştür. Tıkalı hatlar sebebi ile yoğun çamurlu su ve hat tıkanıklığına bağlı olarak görüntüler aşırı derecede buğuludur. Bu görüntüler içerisinde diğerlerine göre daha net olanların görüntüleri teze eklenmiştir. Şekil 5.18'de borunun yanal ötelemeye bağlı aksından çıktığı ve hat bütünlüğünün ortadan kalktığı görülmektedir.



Şekil 5.18 573-577 boru hattı ağır hasar örneği

573-577 boru hattı ağır hasar örneği dikkate alındığında, hat ekseninde x ve y düzleminde yanal atılma sebebiyle hasar meydana gelmiştir. Hasar sonrasında meydana gelen birleşim yerindeki ayrışma sorunu SketchUp programında 3 boyutlu olarak çizilip Şekil 5.19’da temsili olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.19 573-577 boru hattı ağır hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş

Şekil 5.20’de deprem etkisi ile yanal ötelenmeye maruz kalan şebeke hattı görülmektedir. Borular birbirinden ayrılmış ve işlevselliğini kaybetmiş durumdadır.



Şekil 5.20 1115-1116 boru hattı ağır hasar örneği

1115-1116 boru hattı ağır hasar örneği dikkate alındığında hat eksenine paralel ve hat eksenine dik doğrultuda yanal atılma sebebiyle hasar meydana gelmiştir. Hasar sonrasında meydana gelen birleşim yerindeki ayrışma sorunu SketchUp programında 3 boyutlu olarak çizilip Şekil 5.21’de temsili olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.21 1115-1116 boru hattı ağır hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş

Şekil 5.22’te deprem etkisi ile yanal ötelenmeye bağlı hasar gören boru hattı görülmektedir. Hasar sonrasında sızdırmazlığı sağlayan entegre contanın yerinden çıktığı görülmektedir.



Şekil 5.22 1115-1116 boru hattı ağır hasar örneği

Şekil 5.23'te deprem etkisi ile yanal ötelenmeye bağlı hasar gören boru hattı görülmektedir. Hasar sonrasında sızdırmazlığı sağlayan entegre contanın yerinden çıktığı ve aks hattının ekseninden çıktığı görülmektedir.



Şekil 5.23 1115-1116 boru hattı ağır hasar örneği

Şekil 5.24'te deprem etkisi ile boru bağlantı noktasında meydana gelen kırık görülmektedir. Gömülü hatlarda kırık meydana gelmesi, o hattın artık kullanılamayacak derecede zarar gördüğü anlamına gelmektedir.



Şekil 5.24 11340-11341 boru hattı ağır hasar örneği

Şekil 5.25’da deprem etkisi ile boru bağlantı noktası tamamen ayrılan atık su hattı görülmektedir.



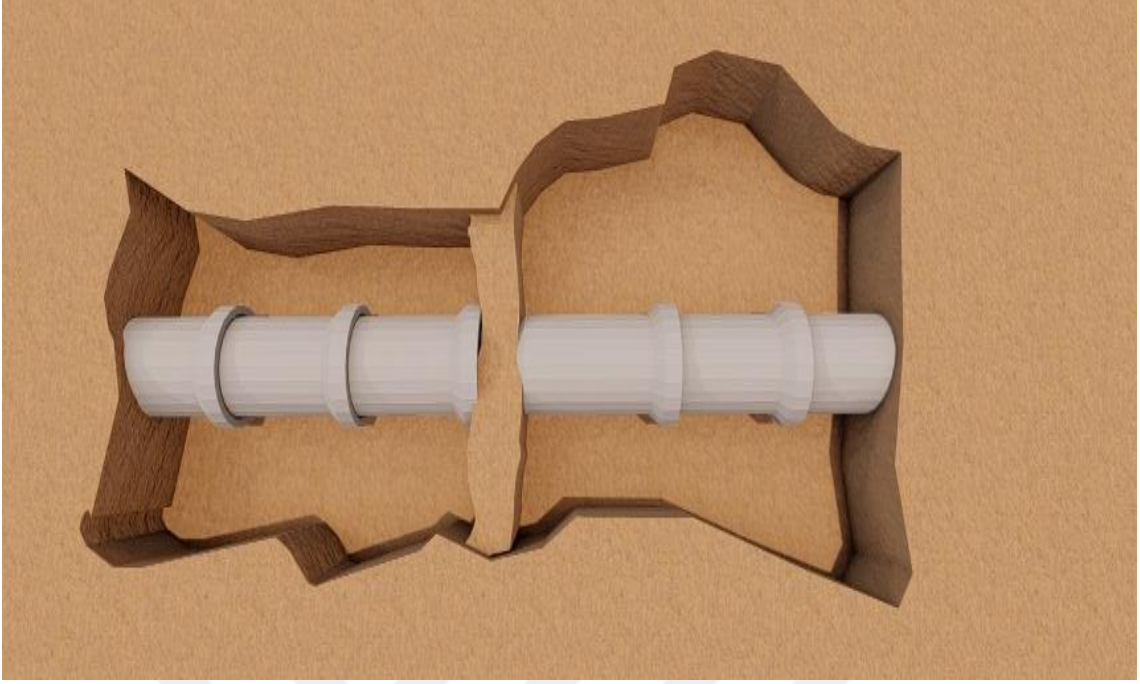
Şekil 5.25 110-109 boru hattı ağır hasar örneği

Şekil 5.26’da deprem etkisi ile boru hattının tamamen kapanmış görüntüsü görülmektedir.



Şekil 5.26 164-173 boru hattı ağır hasar örneği

164-173 boru hattı ağır hasar örneği dikkate alındığında, hat ekseninde kopma meydana gelerek akış yönü tamamen kapanmıştır. Hasar sonrasında meydana gelen birleşim yerindeki kopma sorunu SketchUp programında 3 boyutlu olarak çizilip Şekil 5.27’de temsili olarak gösterilmiştir.



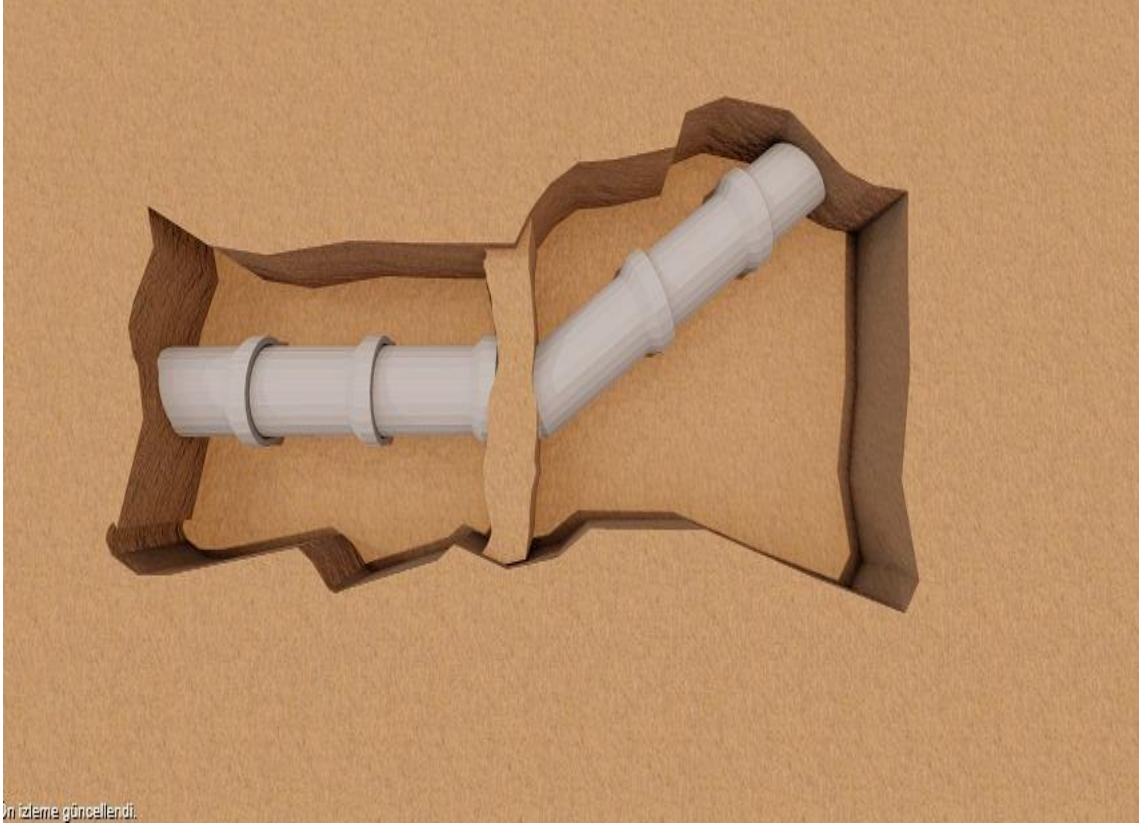
Şekil 5.27 164-173 boru hattı ağır hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş

Şekil 5.28’de deprem etkisi ile yanal ötelenmeye maruz kalmış boru hattı görülmektedir. Boru hattı birbirinden tamamen ayrılmış durumda olup boru hattına giren çamur malzeme ile sistem tıkanmış durumdadır.



Şekil 5.28 155-163 boru hattı ağır hasar örneği

155-163 boru hattı ağır hasar örneği dikkate alındığında, hat ekseninde kopma meydana gelerek akış yönü tamamen kapanmıştır. Hasar sonrasında meydana gelen birleşim yerindeki kopma sorunu SketchUp programında 3 boyutlu olarak çizilip Şekil 5.29’da temsili olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.29 155-163 boru hattı ağır hasar örneği temsili 3 boyutlu üstten görünüş

5.6 Araştırma Bulguları

23 Ekim 2011 Van-Depremi sonrasında Erciş ilçesindeki kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarlar üç aşamalı olarak irdelenmiştir. Hasar tiplerine göre kanalizasyon hatlarının sayısal işletme planındaki koordinatları Netcad programında tespit edilerek bu kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarların deprem ve fay hatları ile olan ilişkileri irdelenmiştir. Çizelge 5.3’te Erciş ilçesindeki kanalizasyon hatlarının koordinat verileri gösterilmiştir.

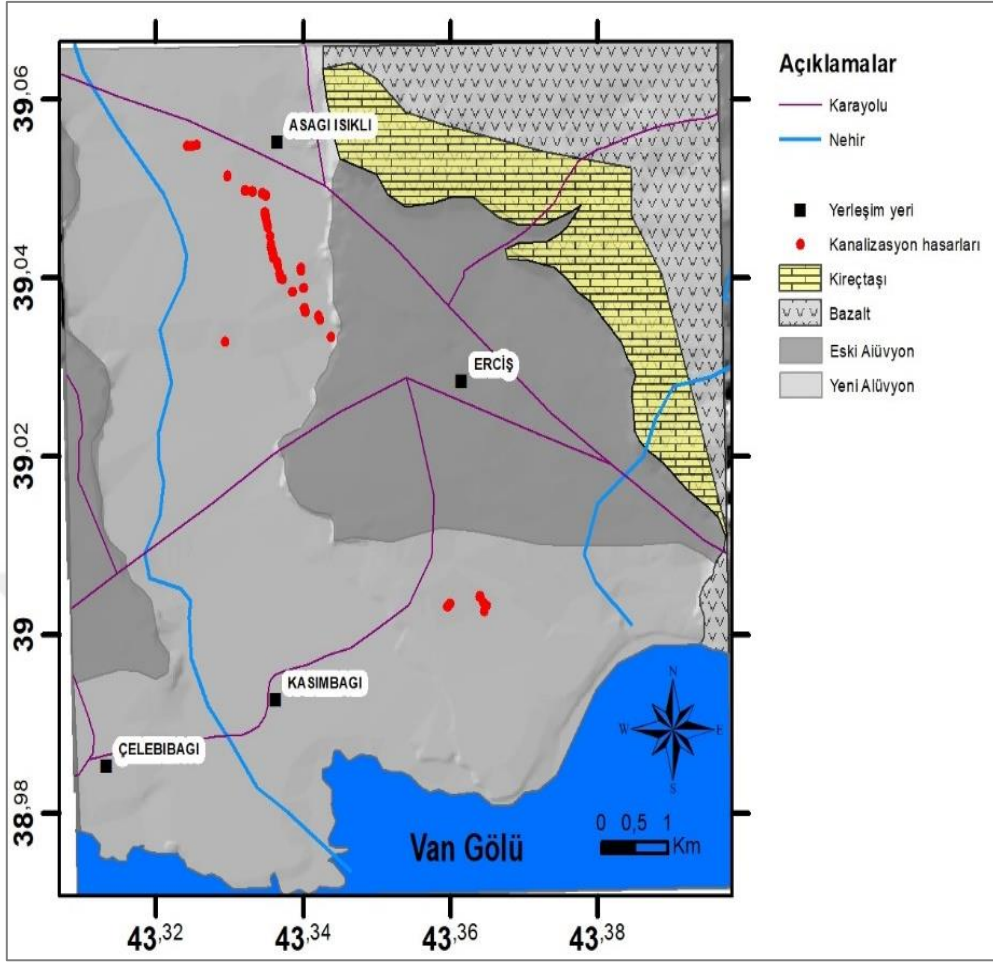
Çizelge 5.3 Hasar gören atık su hatların koordinat listesi

Sıra No	Video No	BACADAN		Y Koordinat- Coğrafi	X Koordinat- Coğrafi	Y Koordinat- ITRF	X Koordinat- ITRF	Hasar Durumu
		Başa	Sonda					
1	95/2	791	792	43,329713	39,051321	6151107,113	4325042,991	AĞIR HASAR
2	100/3-102/2	540	541	43,33981	39,041076	615986,840	4323918,257	HAFİF HASAR
3	103/2	541	545	43,339727	39,040718	615991,430	4323878,559	HAFİF HASAR
4	108/2	552	552/A	43,339963	39,038773	616014,971	4323662,943	HAFİF HASAR
5	119/2	573	577	43,340122	39,036579	616032,321	4323419,612	AĞIR HASAR
6	120/2	578	577	43,340182	39,0362235	6160038,160	4323381,466	HAFİF HASAR
7	123/2	661	299	43,336488	39,041731	615709,282	4323986,901	AĞIR HASAR
8	125/2	662	661	43,336524	39,0413	615713,157	4323939,111	HAFİF HASAR
9	127/2	663	665	43,336813	39,040442	615739,519	4323844,171	ORTA HASAR
10	128/2	665	666	43,33692	39,040021	615749,472	4323797,654	ORTA HASAR
12	130/2	666	667	43,337148	39,039857	615769,461	4323779,745	AĞIR HASAR
13	132/2	1951	1952	43,329373	39,032515	615107,784	4322988,065	ORTA HASAR
14	135	714	725	43,33855	39,038401	615893,249	4323619,839	ORTA HASAR
15	343/2	1054	1055	43,342073	39,03568	616202,775	4323322,292	ORTA HASAR
16	345	1079	1055	43,342255	39,035205	616219,301	4323269,779	ORTA HASAR
17	348	1113	1112	43,343794	39,033342	616355,000	4323064,837	AĞIR HASAR
19	351	1114	1115	43,325545	39,054781	614740,711	4325421,903	ORTA HASAR
20	353	1115	1116	43,324875	39,054734	614682,776	4325415,792	AĞIR HASAR
21	355	1116	1117	43,324166	39,054682	614621,515	4325409,164	AĞIR HASAR
22	356	5196	5196/A	43,359899	39,003413	617799,838	4319762,860	AĞIR HASAR
23	358	5196/A	5197	43,359559	39,003129	617770,860	4319730,856	AĞIR HASAR
24	360	11335	11334	43,402783	39,020231	618160,588	4319906,029	AĞIR HASAR
25	361	11334	11337	43,363934	39,004288	618147,941	4319865,231	AĞIR HASAR
26	366	11329	11339	43,364548	39,00354	618202,312	4319782,964	AĞIR HASAR
27	368	11329	11340	43,36479	39,003208	618223,875	4319746,359	ORTA HASAR

Çizelge 5.3 Hasar gören atık su hatların koordinat listesi (devam)

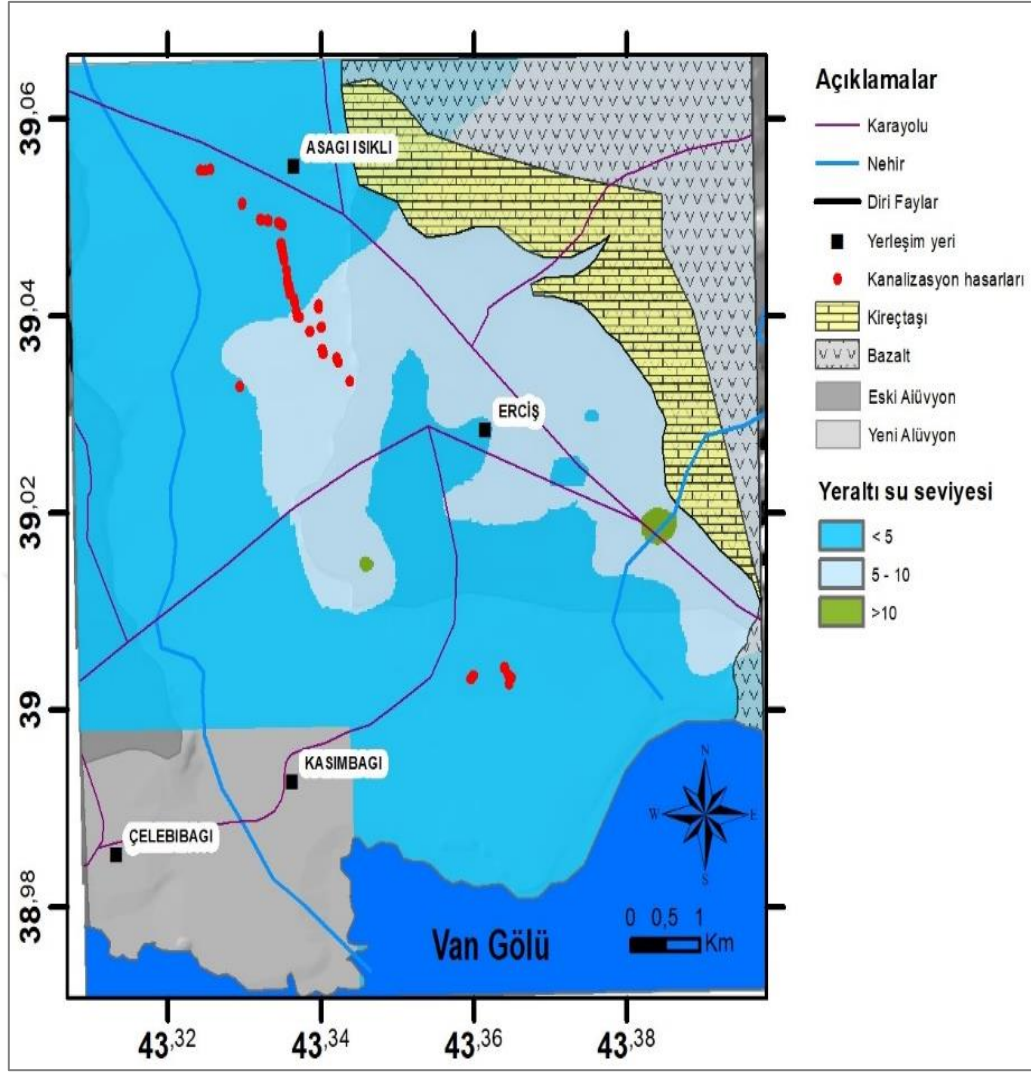
Sıra No	Video No	BACADAN		Y Koordinat- Coğrafi	X Koordinat- Coğrafi	Y Koordinat- ITRF	X Koordinat- ITRF	Hasar Durumu
		Başta	Sonda					
28	369	11340	11341	43,364667	39,002705	618214,048	4319690,409	AĞIR HASAR
29	381	154	155	43,334796	39,047323	615553,733	4324605,589	AĞIR HASAR
30	382	155	163	43,334908	39,046797	615564,227	4324547,357	AĞIR HASAR
31	383	163	164	43,335008	39,04639	615573,568	4324502,245	AĞIR HASAR
32	384	164	173	43,335092	39,046056	615581,379	4324465,267	AĞIR HASAR
33	385	173	174	43,335208	39,045631	615592,102	4324418,308	HAFİF HASAR
34	388	185	186	43,335467	39,044559	615616,297	4324299,603	ORTA HASAR
36	391	191	192	43,335606	39,043702	615629,704	4324204,599	AĞIR HASAR
37	393	192	195	43,335646	39,043383	61563,684	4324169,284	HAFİF HASAR
38	395	195	196	43,33571	39,043038	615639,817	4324130,983	ORTA HASAR
39	396	196	197	43,335788	39,042605	615647,308	4324083,083	ORTA HASAR
40	398	197	298	43,335957	39,042198	615662,599	4324038,138	ORTA HASAR
41	400	110	111	43,334836	39,049259	615553,971	4324840,724	ORTA HASAR
42	404	110	109	43,334431	39,049445	615518,612	4324840,724	AĞIR HASAR
43	406	107	106	43,333057	39,049652	615399,342	4324861,940	AĞIR HASAR
44	409	105/A	105	43,332051	39,049763	615312,053	4324872,968	AĞIR HASAR

Hasar gören kanalizasyon hatlarının deprem ile ilişkisi irdelendiğinde, genel olarak depremin etkisi ile sıvılaşma meydana gelen, zemin yapısının alüvyon cinsten olduğu ve yer altı su seviyesinin yüksek olduğu bölgelerde hasarların yoğunlaştığı görülmüştür. Meydana gelen hasarların doğrudan ve tek nedeninin fay hatları olduğu yönünde tespit yapılamamıştır. Hasarın etkisini arttıran diğer hususlar ise uygun olmayan dolgu veya ihmal edilen zemin iyileştirme işleri ile beraber şartnamelere uygun yapılmayan hendek dolgularının olduğu değerlendirilmiştir. Şekil 5. 30'da deprem etkisi ile hasar gören atık su hatlarının koordinat verileri işlenerek zemin cinsine göre dağılımı işlenen harita gösterilmiştir.



Şekil 5.30 Zemin tipine göre hasarların dağılımı

Şekil 5.31’de ise deprem etkisi ile hasar gören atık su hatlarının koordinat verileri dikkate alınarak yer altı su seviyesi ve fay hatlarına göre olan mesafelerin işlendiği harita gösterilmiştir.



Şekil 5.31 Yer altı su seviyesi ve fay hattına göre hasarların dağılımı

5.7 Deprem Sonrasında Altyapı Afet Yönetimi

Deprem sonrasında gerek insan hayatının kurtarılması gerekse yaraların hızlıca sarılabilmesi için afet yönetimi çok önemlidir. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremi deprem sonrasında meydana gelen hasarların ve sorunların hızlı bir şekilde kontrollü ve iyi yönetilmesinin ne denli önemli olduğunu biz mühendislere net bir şekilde gösterdi. Ülkemiz yakın zamanda bu kadar büyük bir felaketle karşı karşıya kalmamıştı. Yardımların ihtiyaç sahiplerine ulaşması, enkaz altında kalan vatandaşların kurtarılması, iş makinelerin organizasyonu, kurtarılan kişilerin hastanelere tahliyesi, arama kurtarma ekiplerinin dönüşümlü ve koordineli şekilde çalışmasının sağlanması gibi farklı birçok hususun bir arada ve yetkili otoritelerce en az hata ile yapılması gerekmektedir. Deprem

şokunun atlatılmasından ve arama kurtarma çalışmalarının tamamlanmasına müteakip, hasar alan yapıların yıkım ve yeniden yapım çalışmalarına başlanmaktadır. Üst yapılarda olduğu gibi altyapılarda da afet yönetimi oldukça önemlidir. Altyapı afet yönetimi ile alakalı ise üst yapıda olduğu gibi mühendislerce tespit edilen hasarlar koordinasyon merkezlerinde toplanmaktadır. Hasar tespit çalışmalarının tamamlanmasından sonra eylem planları oluşturulmaktadır.

Bu tez kapsamında 2011 Van Depreminden sonra kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarlar tespit edilmiş olup altyapı afet yönetiminde izlenecek yol ve yapılması gerekenler ayrıca belirtilmiştir. Çünkü deprem sonrasında hasar tespit çalışmaları, ağırlıklı olarak üst yapılarda yoğunlaşmaktadır. Altyapı hasar tespiti ile alakalı hasar tespit çalışmaları tamamlandıktan sonra ilgili yerel yönetimlerin altyapı bilgi sistemi ve coğrafi bilgi sistemleri üzerine bu hasarlar işlenmelidir. Tespit edilen hasarların boru cinsi, boru çapı, boru derinliği, boru metrajı gibi teknik özelliklerin dijital ortamdaki karşılıkları tespit edilmelidir. Hasarların dijital ortama işlenmesinden sonra hasarların yoğunlaştığı yerler ile ilgili zemin etüt çalışmaları yapılmalıdır. Zemin etüt çalışmaları yapılmadan o bölgede kesinlikle imalata başlanmaması gerekmektedir. Kanalizasyon hatlarında özellikle toplayıcı ve terfi hatlarında hasar var ise bu husus çok daha fazla önem arz etmektedir. Deprem bölgesinde hasar gören hattın ivedilikle onarılması gerekiyorsa ve zemin etüt çalışmalarının yapılması imkânı yok ise en kötü ihtimalle hasar gören hat güzergâhında ortalama 50 m’de bir araştırma çukurları açılarak zeminin yapısı ve yer altı suyu hakkında genel bir bilgiye sahip olduktan sonra imalat yapılmalıdır. Zemin hakkında yeterli bilgiye sahip olduktan sonra zemin sorunu bulunan bölgelerde yapılması gereken zemin iyileştirme çalışmaları mutlaka yapılmalıdır. Bu hususa dikkat edilmemesi durumunda, artçı deprem olarak adlandırılan depremlerde de yeni yapılan hatların hasar görme durumu vardır. Bu tez çalışması kapsamında oluşturduğumuz hasar skalası dikkate alınarak hasar gören kanalizasyon hatlarında hasar durumuna göre uygun boru tipinin seçilmesi hususu da ayrıca önem arz etmektedir. Ayrıca imalata başlanmadan önce kanalizasyon hattının yapılacağı güzergâhta diğer kurumlara ait altyapı tesisleri ile alakalı bilgi alınmalıdır. Ancak bu şekilde diğer altyapı hatlarına zarar verilmesinin önüne geçilmesi sağlanabilecektir. Bu tedbir alınmadan kazı çalışmalarına başlanırsa zaman ve ilave maliyet açısından olumsuz tabloların doğması kaçınılmazdır. Kent bilgi sistemlerinin aktif olarak kullanılmasının bu açıdan faydası çok fazla olacaktır. Özellikle

altyapı bilgi sistemini aktif ve güncel şekilde kullanılması çok önemlidir. Altyapı bilgi sisteminde tüm gömülü hatlara ait kot-koordinat verisi bulunacağından, deprem sonrasında ilgili kurumlar ile ayrı ayrı görüşüp veri temin edilmesine gerek kalmadan tek elden hızlıca aksiyon alınması imkânı sunulmaktadır. Tüm bu ön hazırlıklar tamamlandıktan sonra ilgili yapım ve teknik şartnameler ışığında, hat yenileme çalışmaları yapılmalıdır. Hat yapım çalışmalarında tespit edilen hasarlar dikkate alınarak hendek dolgu tipinin seçilmesi de hattın genel işletme ömrü açısından etkili olacaktır. Çünkü hendek dolgusu kazıdan çıkan malzeme ile geri dolgu olarak yapılan boru hatlarında yanal ötelemenin daha fazla meydana geldiği yapılan bilimsel çalışmalarda ortaya konmuştur. Bu kapsamda imkânlar dâhilinde deprem bölgesinde kırma taş ocakları hasar görmemiş ise mutlaka hendek dolgularının kırma taş ile yapılması gerekmektedir. Bu sayede iki muayene bacası arasındaki gömülü boru hattının deprem esnasında benzer davranış sergilemesi sağlanmış olacaktır. Ülkemizde kanalizasyon şebeke hatlarında genellikle beton ve koroze boru kullanıldığı hususunu göz önünde bulundurduğumuzda altı çizilen bu tedbirlerin mutlaka alınması gerekmektedir.

Zaman ve maliyet açısından milli servetin en makul seviyede korunabilmesi için altyapı afet yönetimine ayrıca önem gösterilmesi gerekmektedir. Her geçen gün kentleşme oranı artmakta olup kentleşmeye bağlı altyapı hizmeti alan kişi sayısı artmaktadır. Bu kapsamda ülkemizde ileride olması muhtemel olan büyük depremler sonrasında altyapı hasarların minimize edilmesi şimdiden amaçlanmalıdır. Merkezi yönetim tarafından oluşturulması kaçınılmaz olan ve sürekli gündemden düşmemesi gereken altyapı master planlarında, bu hususlar tavizsiz bir şekilde ortaya konmalı ve yerel yönetimler bu konuda sürekli denetlenmelidir. Deprem konusunda kentsel dönüşümler yapılırken kentsel dönüşümün yapıldığı ve altyapı hasar potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerde kentsel dönüşüm çalışmaları ile altyapı yenileme ve güçlendirme çalışmaları mutlaka yapılmalı hatta mümkünse aynı iş kapsamında zorunlu kılınmalıdır. Ancak bu şekilde ülkemiz depreme hazır hale getirilerek olması muhtemel hasarların minimize edilmesi hedeflenmelidir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma 2011 Van Depremi sonrasında Erciş ilçesinde kanalizasyon sisteminde meydana gelen hasarların tespit edilmesi ve bu hasarların bir daha meydana gelmemesi için çözüm önerilerini kapsamaktadır. Tez kapsamında Erciş ilçesine ait kanalizasyon sisteminin sayısal verileri birleştirilerek bu sayısal veriler çerçevesinde kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarlar tespit edilmiştir. Yapılan bu tespitler neticesinde daha önceden literatürde olmayıp bu tez kapsamında oluşturulan kanalizasyon hasar skalası oldukça önemlidir. Kanalizasyon hasar skalasının oluşturulmasında kamera monte edilmiş CCVT'li görüntüleme aracı kullanılmıştır. Bu görüntüleme aracı sayesinde hasara ilişkin parametreler doğrudan tespit edilmiştir. Tespit edilen kanalizasyon hasarlarının fay hatları ile uzaklık ilişkisi, zemin tipi ve yer altı su seviyesi ile ilişkileri irdelenmiştir. Yapılan çalışmalarda meydana gelen hasarların doğrudan ve tek sebebinin fay hatları olduğu yönünde bir sonuca varılamamıştır. Ancak özellikle alüvyon zeminlerde ve yer altı su seviyesinin 5 m' den daha küçük olduğu bölgelerde hasarların yoğunlaştığı görülmüştür. Kanalizasyon hasarlarına ilişkin diğer bir tespit ise hasar gören boru tipinin beton boru olmasıdır. Alüvyon zeminlerde ve yer altı su seviyesinin 5 m' den daha küçük olduğu bölgelerde deprem sonrasında hasar görme riskinin yüksek olmasından dolayı bu tür bölgelerde beton boru dışında deprem performansı yüksek boruların tercih edilmesi gerekmektedir.

Altyapı tesislerinin proje aşamasından başlayarak yapım sürecinin tamamlanmasına kadar yeterli önem ve denetimin gösterilmemesi durumunda yüksek maliyetlerin devletlere yük getireceği hususu asla unutulmamalıdır. Boru bağlantı ve ek yerlerinin yapımı şartnameler ışığında hassasiyetle yapılmalıdır. Çünkü deprem esnasında ilk bu noktalarda deformasyonların meydana geldiği görülmüştür. Rijit bir altyapı sisteminin olması amacıyla boru yataklama, gömlekleme ve hendek dolgularının hassasiyetle seçilerek tekniğe uygun yapılması sağlanmalıdır. Hazırlanan projelerde zemin etüt sondajları ile araştırma çukurlarının daha sık ve doğru yapılması denetlenerek zemin hakkında doğru bilgiye ulaşılması çok önemlidir. Şehir sınırları içerisinde adeta bir ağ gibi her yeri saran altyapı sistemleri bir bütün olarak işletildiğinden herhangi bir noktasının diğer noktasından daha önemsiz olmadığı unutulmamalıdır. Kalıcı yer değiştirme potansiyeli olan bölgelerde imkânlar dâhilinde daha esnek boru tiplerinin

seçilmesi daha uygun olacaktır. Zemin ile depremin birbirinden bağımsız olduğu düşünölemez. Bu sebeple altyapı tesislerinin yapılacağı bölgelerde yeterli sayıda sondaj çalışmaları yapılmalıdır. Sondaj çalışmalarının yapılması zemin hakkında bilgi vermektedir. Zemin hakkında eksik bilgi olması halinde altyapı tesislerinin tasarımında eksiklikler yaşanmaktadır. Düşük zemin taşıma kapasitesi olan yerlerde gerekli zemin iyileştirme işlerinin yapılması gerekmektedir. Deprem etkisiyle meydana gelmesi muhtemel sıvılaşma, oturma, çökme, kayma vb. durumlar göz önünde bulundurularak hat güzergâhları bu doğrultuda tasarlanmalıdır. Altyapı tesislerinin geniş coğrafyaya yayıldığı düşünölürse yerel yönetimlerde Altyapı Bilgi Sistemlerinin kurulması ve bu sistemin etkin şekilde kullanılması olası deprem etkilerini minimize edeceği gibi deprem sonrasında zarar gören hatların tespit edilip ivedilikle müdahale edilmesine olanak sağlayacaktır. Bu konuda gerekli yasal düzenlemeler yapılmalı ve Altyapı Bilgi Sistemlerinin kurulması noktasında gerekli teşvikler devreye sokulmalıdır. Mühendislik hizmetlerinin hassas ve hesaba esas olduğu asla unutulmamalı ve insan hayatında kalıcı zararlar meydana gelmeden önlemlerin alınması esas olmalıdır. Bu sebeple ülke olarak aktif fay hatlarının olduğu bir bölgede olmamız sebebiyle depremin her an hayatımızda olacağı hususunun unutulmaması, yapılacak her yatırımın daha uzun ömürlü olması açısından faydalı olacaktır. Bu kapsamda master planlar yapılırken deprem hususu mutlaka göz önünde bulundurulmalı ve bu konuda yerel yönetimler sürekli bilgilendirilerek deneyimli personellere gerekli eğitim hizmetleri mutlaka verilmelidir. Ayrıca literatürde olmayıp bu tez kapsamında oluşturulan Kanalizasyon Hasar Skalasının daha sonradan yapılacak bilimsel çalışmalara ve deprem sonrasında kanalizasyon hatlarında meydana gelen hasarların tespit edilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- AFAD. (2023). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı web sitesi. Erişim adresi: <https://www.afad.gov.tr/>
- Autocad (2021). Autocad web sitesi, Erişim tarihi: 19 Ocak 2021. Erişim adresi: <https://www.autodesk.com.tr/>
- Balkaya, M. (2002). *Zemine gömülü boruların mühendislik davranışı*, Yüksek lisans tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Bursa Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Uygulama ve Araştırma Merkezi. (2023). *6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri İnceleme ve Değerlendirme Raporu*. Bursa.
- Black, J. (2012). *Earthquake damage to buried pipelines a christchurch perspective, technical report*. Christchurch.
- Demiralp, H. G. (2017). *Deprem kanalizasyon ve içme suyu sistemlerine etkisi*, Uzmanlık Tezi. İller Bankası A.Ş., Ankara, Türkiye.
- Gümüş, M. (2009). *Farklı zeminlerdeki boruların dinamik yükler altında davranışları*, Yüksek lisans tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- İLBANK. (2023). İller Bankası Anonim Şirketi web sitesi. Erişim adresi: <https://www.ilbank.gov.tr/>
- King, P., Betz, J. (1972). Earthquake damage to a sewer system. *Journal Water Pollution Control Federation*, 44(5), 850-859.
- Matsushashi, M., Tsushima, I., Fukatani, W., Yokota, T. (2014). Damage to sewage systems caused by the Great East Japan Earthquake, and governmental policy. *The Japanese Geotechnical Society*, Japan.
- Netcad (2021). Netcad web sitesi, Erişim tarihi: 15 Ocak 2021. Erişim adresi: <https://www.netcad.com/>
- Rahimi, A., Rezaii, M. (2021). Seismic performance evaluation of buried sewage collection pipelines. *Hindawi Research Article*, 29(1), 1-12.
- Rubeiz, C. (2009) Performance of pipes during earthquakes. **Lowland Technology International Presented at the ASCE Pipeline Conference**, San Diego.
- Saraçoğlu, G. (2016). *Altyapı tesislerinde kullanılan boruların deprem etkisi altında davranışı*, Uzmanlık Tezi. İller Bankası A.Ş., Samsun.
- Sezer, L. İ., (2010). Van Yöresinin Depremselliği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 19(1), 67-84.
- SketchUp (2024). SketchUp web sitesi, Erişim tarihi: 06 Ocak 2024. Erişim adresi: <https://www.sketchup.com/>
- Şahvelet, M. N. (2022). *Altyapı sistemlerinin sismik hasar görülebilirlik analizi Sakarya ili örneği*, Yüksek lisans tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.
- T.C. Resmî Gazete. (2017). *Atık su toplama ve uzaklaştırma sistemleri hakkında yönetmelik*. Ankara.
- T. C. Resmi Gazete. (2007). *Altyapılar İçin Afet Yönetmeliği*. Ankara.
- T. C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). *Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu*. Ankara.
- Toprak, S. (2011). Altyapı sistemlerinin deprem güvenliği, geoteknik sorunlar ve yönetmelikler. **Yedinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, İstanbul.

- Toprak, S., Koç, C. (2007). İçme suyu ve kanalizasyon boru hatlarının deprem performansının değerlendirilmesi. **Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, İstanbul.
- Toprak, S., Nacaroğlu, E., Koç, A., Sarı, M., Yıldırım, Ü., ve Helva, V. (2015). Christchurch, Yeni Zelanda depreminin Avonside bölgesindeki gömülü borular üzerine etkisi. **Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, İstanbul.
- Toprak, S., Nacaroğlu, E., Koç, C. (2015). **Perspectives on European Earthquake Engineering and Seismology**. Springer Open: USA.
- Toprak, S., Yoshizaki, K. (2003). Boru hatlarına deprem yüklerinin etkisi. **Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, İstanbul.
- Vural, İ. (2012). *Aliivyal ve sıvılaşılabilen zeminlerde altyapıların deprem risk analizi: Adapazarı örneği*, Doktora tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.
- VASKİ. (2020). *Erciş İlçesi Kanalizasyon İşletme Projesi*, Van.
- Wham, B. P., Dashti, S., Kayen, R. (2017). *Water supply damage caused by the 2016 Kumamoto*. Lowland Technology International.
- Yoshizaki, K., Toprak, S. (2003). Boru hatlarına deprem yüklerinin etkisi. **Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, İstanbul.
- Zare, M. R., Wilkinson, S. (2010). Earthquake effects on metropolitan cities lifelines. **Fourteenth International Water Technology Conference**, Cairo, Egypt.
- Zare, R. M., Wilkinson, S., Potangaroa, R. (2010). Earthquake vulnerability of wastewater pumping stations in New Zealand. **The Construction, Building and Real Estate Research Conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors**, Paris.

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Çağrı AĞAÇKAYA

Eğitim Bilgileri

Lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi

Fakülte : İnşaat Fakültesi

Bölüm : İnşaat Mühendisliği

Mezuniyet Yılı : 2015

Yüksek Lisans : Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Enstitü : Fen Bilimleri Enstitüsü

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Mezuniyet Yılı : 2024



VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih 26/12/2023

Tez Başlığı: 2011 Van Depremi Sonrasında Erciş İlçesindeki Kanalizasyon Hatlarında Meydana Gelen Hasarların İncelenmesi

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın, kapak sayfası, giriş, ana bölümler ve sonuç bölümlerinden oluşan toplam 49 (Kırkdokuz) sayfalık kısmına ilişkin, 26/12/2023 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre tezimin benzerlik oranı % 6 (altı) dır.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Çağrı AĞAÇKAYA

Öğrenci No: 189100001289

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: İnşaat Mühendisliği

Statüsü: (X) Yüksek lisans

() Doktora

DANIŞMAN ONAYI
Prof. Dr. Mücip TAPAN

ENSTİTÜ

UYGUNDUR

UYGUNDUR