

DEPREMLERDE İÇME SUYU VE ATIKSU YÖNETİM

Şubat - 2023

İçindekiler Tablosu

1. Giriş	3
2. İçme Suyu Temini.....	5
3. Japonya Acil Su İkmal Uygulaması	6
4. Doğal Afet veya Acil Durumdan Sonra Güvenli Su Kullanımı	7
5. Kirlenmiş Kuyu Suyu Kullanılmamalı	8
6. Dezenfeksiyon	8
6.1. Bulanık Suyu Kaynatmak İçin Adımlar	9
7. İçme Suyu Sistemleri.....	9
8. Atıksu Kanalizasyon Sistemi	12
8.1. Kıрма Taşla Dolgu	15
9. Terfi Merkezleri (pompa İstasyonları).....	17
10. Terfi Merkezleri ve Atıksu Arıtma Tesisleri	18
11. İçme Suyu Borularının Kırılma Gücünü Etkileyen Faktörler	22
12. Kuyular	25
Şekil 1. Sokaklarda Kanalizasyon Bacası Dışarı Doğru İtilmesi	4
Şekil 2. Acil Su İkmal İstasyonu.....	7
Şekil 3. Büyük Doğu Japonya Depremi Sonrasında 800 Mm Çaplı Bir Su Dağıtım Borusunun Tamiri	10
Şekil 4 Sıvılaşma Nedeniyle Kanalizasyon Sistemlerinde Meydana Gelen Hasarın Şematik Gösterimi.....	14
Şekil 5. Japonya Sendai Şehrinde Depreme ve Tsunamiye Dayanmış 150 mm Çapında DIP Boru	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 6. Dolgu Yöntemlerinin Şematik Diyagramı.	16
Şekil 7. Sıvılaşmaya Karşı Önlemlerin Etkinliğinin Yerinde Değerlendirilmesi.	17
Şekil 8. Terfi Merkezi.....	18
Tablo 1. Büyük Doğu Japonya Depremi Sonrasında Onarım Sayısı, Boruların Uzunluğu Ve Onarım Oranları	11

1. Giriş

Depremler, sınırları yeniden dağıtır ve yeraltındaki mevcut akış yollarını değiştirir. Deprem hidrolojisi, kabuk süreçleri, doğal tehlikeler ve su kaynakları hakkında yeni bilgiler sağlayan, bu tür fenomenleri inceleyen gelişen bir disiplindir.

Depremin yeraltı suyu kaynağı kayması, seviyesi ve kalitesi üzerindeki değişimi mutlaka incelenmeli.

Deprem taşkın yataklarının çökmesine neden olabilir. Bu da olası sel felaketlerini tetikleyebilir.

Deprem sulak alanların 2 m'ye kadar çökmesine neden olabilir.

Sıvılaşmaya karşı savunmasız, sulak alanlar, tarım alanları, heyelan alanları, alüvyon alanları, tarım alanları gibi topraklar üzerine inşa edilen binalar, içme suyu sistemleri, atıksu kanalizasyon sistemleri, terfi merkezleri (pompa istasyonları), atıksu arıtma tesisleri, içme suyu tesisleri ve doğal gaz hatları ve benzerleri yalnızca bir deprem sırasında batma veya eğilme eğiliminde olmakla kalmaz, aynı zamanda herhangi bir eğim varsa, örneğin yakındaki bir nehre/dereye/göle/denize doğru kayar. Buna yanal yayılma denir. ABD Portland'da bu yan kaymanın bazı durumlarda bir metreden fazla, binaları ve gömülü boru sistemleri gibi altı yapı sistemlerini parçalamak için fazlasıyla yeterli olduğunu beklenebilir.

Sıvılaştırılmış zemin, önemli bir güç kaybına uğrar ve içinde/üzerinde itilip kakan şeylerin batmasına, yan yatmasına ve çökmesine izin verir.

Sıvılaşma, büyük depremlerde sık sık oluşur. Özellikle sulak alanlar, tarım alanları, heyelan alanları, alüvyon alanları gibi zeminler, ideal yerler olan düz sedimanter havzalarda yaygındır.

Japonya'nın Urayasu kentinde 9.0 büyüklüğündeki depremin tetiklediği sıvılaşma nedeniyle yerden rögarlar dışarı çıktı. Yer sarsıntısının ardından kum ve suyun yükselmesine neden olan olay, 11 Mart depreminin uzun sürmesi nedeniyle özellikle bu bölgede belirginleşti.

Depremin sallaması, yeraltındaki kumun ve suyun yükselmesine ve yüzeydeki sistemlerinde batmasına izin verir.

Hemen hemen her büyük depremde bir dereceye kadar zemin sıvılaşması yaygın olduğundan topraktaki kaymalar su, kanalizasyon ve gaz boru hatlarını yok eder ve altyapıyı felce eder. 1,2 metreye kadar batan bazı yerler olur.

Büyük bir deprem sırasında zeminin sıvılaşması nedeniyle rögarların/kanalizasyon bacalarının yol yüzeyinden dışarı çıkabileceği ispatlanmıştır. Bir rögarın yükselmesi meydana geldiğinde, sadece kanalizasyonun akma kabiliyetinin kaybı gibi işlev bozukluklarına değil, aynı zamanda rögarlara bağlı boru hattının drenajını zorlaştıran yer değiştirmelere de neden olabilir. Bununla birlikte, mevcut menhollerin yükseltilmesine karşı etkili ve ekonomik önlemler hala geliştirme aşamasındadır. Bu çalışma, bir deprem sırasında rögarların yükselmesine karşı bir önlem olarak rögarın kendi ağırlığını artıran bir ağırlıklandırma yöntemi önermektedir. Bu ağırlıklandırma yönteminin uygulanabilirliği, rögar yükseltmesi için güvenlik faktörü ve rögar yükseltme miktarı açısından vaka çalışmaları yapılarak netleştirilecektir.





Şekil 1. Sokaklarda Kanalizasyon Bacası Dışarı Doğru İtilmesi

2011'deki Büyük Doğu Japonya Depremi, Tokyo Körfezi'nin geri kazanılan kıyı bölgelerinde çok büyük hasara neden oldu ve Japonya Kara, Altyapı, Ulaştırma ve Turizm Bakanlığı'na göre, toplam hasarlı rögar deliği sayısı 6699'a ulaştı.

Kısaca depremler, çürük zeminlere yapılan binaları yıkarken yeraltındaki altyapı sistemine büyük hasarlar verir.

İçme suyu sistemlerinin bakım onarımı yapıldıktan kanalizasyon sistemi bakım ve onarımı yapılmadan şebekeye içme suyu verilmez. Çünkü tamir edilmeyen kanalizasyon sistemi çevrede ciddi koku kirliliği oluşturur ve hastalık yapıcı mikroorganizmaların yayılmasına neden olur. **Şekil 1'**de verildiği gibi hasar gören kanalizasyon sisteminin bakım ve onarımı mutlaka yapılması gerekir.

Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

Deprem sonrası içme suyu, atıksu, yıkıntı atığı, evsel çöp ve doğal gaz ile ilgili tüm paydaşlarla birlikte acil acil eylem planı uygulamaya konmalı ve yönetimler buna göre organize olmalıdır.

Hastalıkların %80'i ve çocuk ölümlerinin %50'si kötü su kalitesiyle ilişkilidir.

2. İçme Suyu Temini

Türkiye'de belediyeler tarafından içme ve kullanma suyu şebekesinden çekilen kişi başı günlük ortalama su miktarı 228 litre olarak hesaplanmıştır.

İçme suyu ve atıksu ile ilgili hasarların tespiti ve tamiratlar yapıncaya kadar vatandaşların güvenli içme, duş alma ve tuvalet suyu ihtiyaçları sabit veya gezici her dolumsan sonra dezenfekte edilen tankerler veya yeraltı inşaa edilen depolama suyu yapılmalı.

Depremlerde su temini ile ilgili sorunlar depremden hemen sonra başlar. Örneğin depremden hemen sonra su dağıtım şebekesinde lokal vanalar vasıtasıyla otomatik olarak suyun kesilmesini gerektir. Aksi taktirde kırılan, kopan boru ve su tesisatından sızan sular enkaz altında kalan canlıların boğulma tehlikesi geçirmesine ve yapı taşıyıcı elemanlarının su etkisiyle gevşeyerek daha hızlı bir şekilde çürümesine ve yıkılmasına yol açmaktadır.

Deprem ve sarsıntılar sonrası riskli altyapı sistemleri (kanalizasyon, terfi merkezleri, içme suyu şebeke sistemleri ve doğal gaz hatları) belirlenir ve çözüm yolları ortaya konur ve acil uygulamaya geçilir.

Diğer yandan insanların su ihtiyaçları mutlaka sağlanmalıdır. Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliğine göre kişi başı günlük su ihtiyacı 7 litredir. Bununla birlikte, çoğu durumda su ihtiyacı çok daha yüksektir. Buna göre:

- Genel nüfus için: kişi başı günlük 15-20 litre,
- Aşevleri yemek dağıtım merkezlerinde: günde kişi başına 20-30 litre,
- Hastanelerde ve ilk yardım merkezlerinde: kişi başı günlük 40-60 litre,
- İbadethanelerde: kişi başına 5 litre,
- Tahliye edilmiş insanlara ve mültecilere eşlik eden hayvanlar için: inek veya deve başına günde 30 litre, keçi veya diğer küçük hayvanlar başına günde 15 litre

su gereklidir.

Deprem sonrası toplumun sağlıklı bir yaşamın sürdürülebilmesi için temiz içme suyunun temini, uygun atıksu altyapısının ve atıkların uygun şekilde yönetimi ve gıda güvenliğinin sağlanması kritik önem arz eden hususlardır. Enfeksiyon hastalıklar gibi birçok bulaşıcı hastalık, uygun su ve gıda tüketiminin sağlanmasıyla önlenir. Bu amaçla aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Çadır kentler gibi deprem sonrası geçici yerleşim bölgelerine en az 15 L/kişi-günlük su temin edilmesi gerekli.
- Yerleşim bölgelerinde her 250 kişiye 1 adet yeraltı su deposu, her aileye 2 adet 20 litrelik su bidonu temin edilmeli



Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

Afetlere yönelik yer altı su deposu, rezervuarla birlikte yaklaşık 1 km'lik bir yarıçap içinde içme suyunun güvence altına alınabilmesi için geliştirilmiş, sığınak ve parklar, Minatomirai mahalleleri gibi ilköğretim ve ortaokullara yerleştirilmiştir. Bu, musluk suyunun dağıtım borusunun bir parçası olarak aktığı bir yeraltı su deposudur. Su basıncı düştüğünde, giriş ve çıkış valfi kapanır ve içme suyu depolanır.

Diğer yandan afet sonrası konutların bulunduğu bölgede 2 km yarıçap içinde bir seyyar mobil su istasyonları oluşturulur. Tokyo Büyükşehir Bölgesi'nde bu istasyonlardan 212 adet bulunmaktadır (Aritma Tesisleri, Su Temin İstasyonları, Acil Durum Su Depolama Tankları vb.).

İnsanların yoğun olarak bulunduğu bölgelerde her yerleşim bölgesinde 2 km yarıçap içinde dezenfekte edilmiş tankerlerle içme ve kullanma suyu hizmeti verilir ve vatandaşın temel su ihtiyacı sağlanır.

Acil durum hidrantları ilköğretim ve ortaokullarda tahliye barınaklarına yerleştirilmiştir. Bu tesis, bir afet durumunda depreme dayanıklı bir boruya geçici bir su sağlama cihazı takarak su sağlar.

Felaketin dördüncü gününde Su İşleri Bürosu personeli, su kesintisi durumuna göre Yokohama Şehri Boru İşleri Kooperatifi ile birlikte sırayla geçici bir musluk takmaktadır.

3. Japonya Acil Su İkmal Uygulaması

Japonya'da Devlet Su İşleri Bürosu, tüm boruları depreme dayanıklı su borularıyla değiştirmek ve çeşitli deprem koruma önlemlerini uygulamak için çalışmalar yapar. Ayrıca, deprem veya başka bir doğal afet nedeniyle su kesintisi olması durumunda, bu yetkili kurum, etkilenen hizmet alanlarındaki insanlara "Acil Su Temini İstasyonlarında" su sağlayama yoluna gitmektedir. Japonya'da doğal afet durumlarında 3 tip Acil Su Tedarik İstasyonu mevcuttur.

I. Acil Su İkmal İstasyonu (Su İkmal Noktası)

Genellikle yerleşim yerlerinin 2 km yarıçapı mesafesinde bir adet bu istasyonlar bulunur. Tokyo Büyükşehir Bölgesi'nde bu istasyonlardan 212 adet bulunmaktadır (Aritma Tesisleri, Su Temin İstasyonları, Acil Durum Su Depolama Tankları vb.).

II. Acil Su Temini İstasyonları (Araç Taşımacılığı)

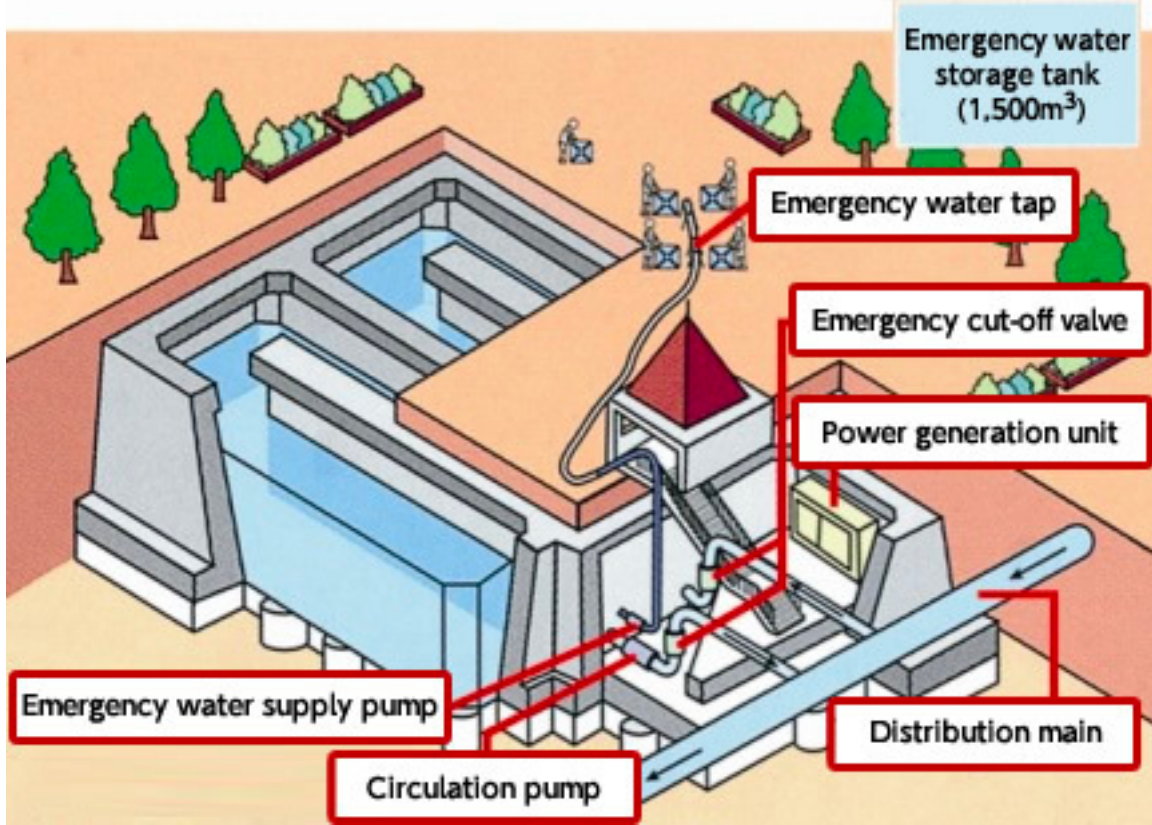
Su İşleri Bürosu, tahliye merkezleri gibi en yakın Acil Su İkmal İstasyonundan (Su İkmal Noktası) çok uzaktaki yerlere su taşımak için su kamyonları kullanır ve orada bir su ikmal istasyonu kurar.

III. Su Temin İstasyonları (Yangın Hidrantları vb)

Acil Durum Su İkmal İstasyonları (Su İkmal Noktaları) tarafından sağlanan su teminini tamamlamak için, mahalleler, şehirler veya kasabalar tarafından tahliye merkezlerinin yakınında önceden belirlenmiş yangın hidrantlarına geçici musluklar kurulmaktadır.



How emergency water storage tanks work



Şekil 2. Acil Su İkmal İstasyonu

Çadır kentler gibi deprem sonrası geçici yerleşim bölgelerine en az 15 L/kişi-günlük su gereklidir. Bu toplu yerleşim bölgelerinde her 250 kişiye 1 su temin noktası, her aileye 2 adet 20 litrelik su bidonu temini yapılmalıdır.

Acil durum içme suyu depolama tankları halka açık parkların ve diğer açık alanların altına yerleştirilmiştir. Bunlardaki su, dağıtım borularından gelen tatlı suyun depo boyunca sirküle edilmesiyle sürekli olarak taze tutulur.

Tankerlerle hizmet verilen yerlerde, su dolumu yapılırken dezenfeksiyon için 1 litre su başına 2-3 damla doğal çamaşır suyu konur, su taşınırken doğal olarak karışması sağlanır ve dezenfeksiyon reaksiyonunun tamamlanması için 30 dakika bekletilmeli ve sonra servis edilir.

4. Doğal Afet veya Acil Durumdan Sonra Güvenli Su Kullanımı

Bir afet veya acil durumlarda, güvenli olmayan sudan kaynaklanan hastalıkları önlemek için adımlar atılması önemlidir.

Bir afet felaketinin ardından;

- Kirli olduğundan şüphelenilen veya size söylenen suyu içmek, bulaşık yıkamak, dişlerinizi fırçalamak, yemek hazırlamak ve yıkamak, ellerinizi yıkamak, buz yapmak veya bebek maması yapmak için kullanmamalı.

Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

- İçmek, yemek pişirmek ve kişisel hijyen için şişelenmiş, kaynatılmış, doğal hipo veya çamaşır suyu ile dezenfekte edilmiş veya arıtılmış su kullanılmalı.
- Bölgedeki suyun dezenfekte edilmesiyle ilgili özel öneriler için eyalet, yerel sağlık departmanları takip edilmeli.
- Alkol almaktan kaçınılmalı. Alkol vücudu kurutur, bu da içme suyu ihtiyacını artırır.
- Asla güvenli olmayan kaynaklardan su kullanılmamalı.
- Kirlenmiş kuyu suyu kullanılmamalı.
- Suyu kullanmak için güvenli hale getirilmeli.
- Asla güvenli olmayan kaynaklardan su kullanılmamalı.
- Şüphelenilen veya güvensiz olduğu ifade edilen su kullanmamalı.
- Yiyecekler yıkanmalı.
- Acil bir durumdan sonra, özellikle selden sonra, içme suyu bulunmayabilir veya içilmesi güvenli olmayabilir. Ev ısıtma sisteminizin bir parçası olan radyatörlerden veya kazanlardan gelen su asla kullanmamalı.

5. Kirlenmiş Kuyu Suyu Kullanılmamalı

- Depremler, seller ve diğer felaketler, içme suyu kuyularına zarar verebilir. Akifer ve kuyu kirlenmesine yol açabilir.
- Taşkın suyu, içme, banyo ve diğer hijyen faaliyetleri için kullanıldığında hastalığa yol açabilecek hayvan çiftliği atıkları, insan lağımları, kimyasallar ve diğer kirletici maddelerle kuyu suyunu kirletebilir. Kazılmış kuyular, sıkılmış kuyular ve 15,3 metreden daha az derinlikteki diğer kuyuların, hasar belirgin olmasa bile kontamine olma olasılığı daha yüksektir.
- Kapsamlı bir sel ve deprem meydana geldiyse bir kuyu suyunun kirlenmiş olması kuvvetle muhtemeldir ve bu su içilmemelidir. Şişelenmiş veya arıtılmış su gibi güvenli bir su kaynağı kullanılmalı
- Suyun kirletici içermediğinden ve içmenin güvenli olduğundan emin olana kadar şişelenmiş su içmekte yarar vardır.
- Bu yüzden kuyularda su kalitesi öncelikle test edilmeli, depremden zarar görmeyen kuyu suları haritalanmalı ve halka duyurusu yapılmalı.
- Kuyu suları ve yüzeysel sular filtre edildikten sonra hipo veya doğal çamaşır suyu ile dezenfekte edildikten sonra kullanılabilir.

Deprem Bölgesinde Gerekli Bakım ve Onarımlar Yapılmadan Musluk Suyunu ve Kuyu Suyunu Asla İçilmemeli. Musluk ve kuyu sularının önce analizleri yapılmalı, analiz sonucu veriler güvenli ise musluk/kuyu suyu içilebilir. Ancak siz yine de 1 litre suyu 2 damla hipo koyup dezenfekte ettikten sonra kullanınız.

6. Dezenfeksiyon

Deprem sonrası hasar aynı zamanda ticari binaları ve hükümet binalarını ve özel konutları da etkiler.



Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

Yeraltı altyapı sistemlerini çalkalayan veya arıtma veya dezenfeksiyon sistemlerini bozan güçlü depremler su kalitesini etkileyerek bulanıklığın artmasına, hastalık yapıcı koliform bakterilerin varlığına ve tehlikeli miktarlarda arsenik konsantrasyona yol açabilir. Su laboratuvarı kullanılamaz hale gelirse, testler yapmak için acil durum tesislerini nereye kuracağı belirlenmeli. Uyumluluğu desteklemek için, numune alma sonuçlarını mümkün olan en kısa sürede geri döndürmek için gerekli personele ve malzemelere sahip olduğundan emin olunmalı.

Acil durumlarda içme suyu depoları ve tankerlerle içme suyu hizmeti verilen yerlerde içme suyu dezenfeksiyonu mutlaka yapılmalı ve 1 litre suya 2 damla doğal çamaşır suyu (hipo) konmalı (10 tonluk tankere 1 litre hipo). Tankerler su taşınırken doğal olarak karışması sağlanır ve dezenfeksiyon reaksiyonunun tamamlanması için 30 dakika bekletilmeli ve sonra servis edilmeli.

Yerleşim bölgelerinde her aileye 2 adet 20 litrelik su bidonu verilmeli ve insanlara suyu dezenfekte etme pratiği öğretilmeli.

6.1. Bulanık Suyu Kaynatmak İçin Adımlar

Bulanık su, temiz bir bezle, kağıt havluyla veya kahve filtresinde süzülmesi ve çökmesine izin verilmeli

Temiz, güvenli, şişelenmiş su yoksa ve kaynatmak mümkün değilse, genellikle kokusuz ev tipi hipo veya çamaşır suyu gibi tabletler dezenfektan madde olarak kullanılabilir ve suyu daha güvenli hale getirebilirsiniz. Dezenfektan maddeler virüsler ve bakteriler gibi hastalık yayıcı en zararlı organizmaları öldürebilir.

Bununla birlikte, Cryptosporidium paraziti gibi daha dirençli organizmaların kontrolünde yalnızca klor dioksit tabletleri etkilidir.

Sular sızan bir kimyasalla kirlenmişse, dezenfektan eklemek içmeyi güvenli hale getirmez.

İçme suyu olarak suyu ağartıcı kullanarak dezenfekte etmek için:

- Çamaşır suyu farklı konsantrasyonlarda olabilir. İçme suyunu dezenfekte etmek için kullanılacak çamaşır suyu konsantrasyonunu bilinmeli. Etiket üzerinde olmalıdır. Tipik olarak, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kokusuz ev tipi sıvı klorlu ağartıcı %5 ila %9 sodyum hipoklorit olacaktır, ancak diğer ülkelerde konsantrasyonlar farklı olabilir.
- Su bulanıksa, suyu temiz bir bez, kağıt havlu veya kahve filtresinden geçirilmeli ve çökmesine izin verilmeli
- Dezenfekte edildikten sonra içme suyu olarak kullanılabilir.

7. İçme Suyu Sistemleri

Büyük depremlerde gözlenen zeminin sıvılaşmasıdır.

Depremlerde içme suyu dağıtım boru hatlarında önemli hasarlar meydana geldi. Şehirdeki 4458 km'lik su boru hattı ağı, 1.064 lokasyonun ciddi şekilde etkilendiği büyük hasar gördü;



Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

Boru hattı şebekesindeki hasar, 437 iletim ve dağıtım borusu (**Şekil 3**), 522 su temini borusu ve 105 adet yardımcı ekipmanı içermektedir. **Tablo 1**, iletim ve dağıtım borularına, su temini borularına ve yardımcı ekipmanlara verilen hasarın bir özetini sunarak, su iletim ve dağıtım borusu onarımlarının yaklaşık %90'ının VP ve DIP'den yapılmış ve çapları 150 mm'den küçük boru hatlarında olduğunu göstermektedir. Ayrıca, su temini borusu onarımlarının yaklaşık %99'u, çapları 75 mm'den az olan VP, LP, PP ve GP'den yapılmış boru hatlarındaydı.



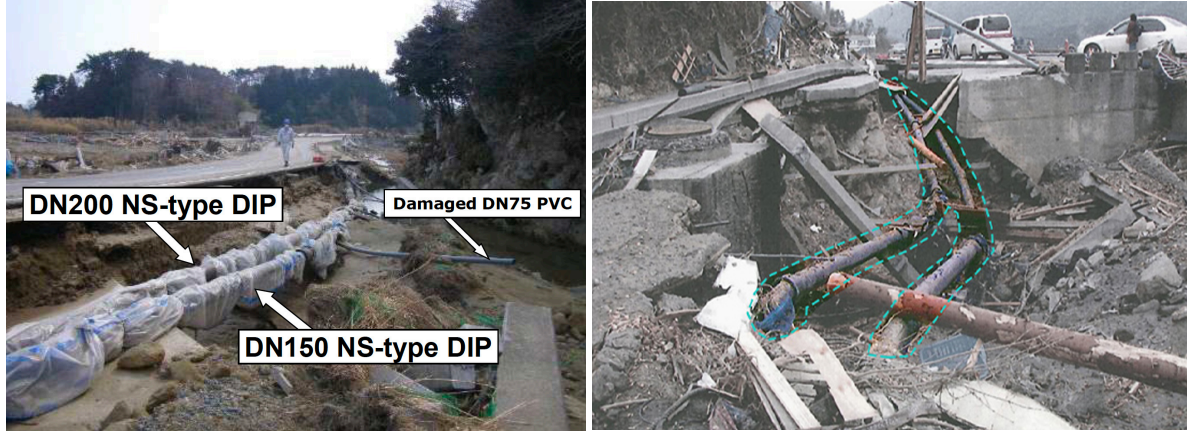
Şekil 3. Büyük Doğu Japonya Depremi Sonrasında 800 Mm Çaplı Bir Su Dağıtım Borusunun Tamiri

Dünyadaki 6 veya daha büyük depremlerin yaklaşık %20'si Japonya'da veya çevresinde meydana gelir. Bu kadar depreme eğilimli bir ülke olmak, inşaat ve inşaat mühendisliği teknolojilerinde hızlı gelişmelere neden olmuştur. Bununla birlikte, Japonya'daki içme suyu boru hatlarının çoğu 40 yıllık yasal ömrünü aşmış durumda ve son yıllarda sık sık meydana gelen depremler, boru hatlarının yenilenmesini ve sismik direncinin artırılmasını toplum için büyük bir endişe kaynağı haline getirdi.

İçme suyu boruları, halk tarafından nadiren görülen cankurtaran halatlarıdır. Su işlerinin ana malzemesi olan düktül demir borularla uğraşan mühendislerle kaliteli içme suyu boruları değerlendirildi.

Yolların çöktüğü yerlerde, derzleri uzayan, büzülen ve bükülen ancak kaymayan depreme dayanıklı düktül demir borular görüldü (**Şekil 4**).

Deprem ülkelerinde en kötü koşullara bile dayanabilecek içme suyu boruları yapmak olmalı ve proje yapan ve uygulayan mühendislere bunları aşlamak olmalıdır.



Şekil 4. Depreme Dayanıklı Sünek Demir Boru (NS Tipi, 200 Mm Nominal Çap)

Kaplama tabakası ile düktil demir kısım arasındaki borunun yüzeyini kaplayan çinko bazlı alaşım kaplamadır.

Tablo 1' de deprem sonrası boru onarım sayıları ve malzemeye göre onarım oranları verilmiştir.

Tablo 1. Büyük Doğu Japonya Depremi Sonrasında Onarım Sayısı, Boruların Uzunluğu ve Onarım Oranları

Materyal	Onarım sayısı	Boru uzunluğu (km)	Onarım/km
Dökme demir	0	14,4	0
Sünek dökme demir*	117	2723,1	0,04
Çelik/paslanmaz çelik	12	137,3	0,09
Vinil klorür	297	1514,5	0,20
Kurşun	2	3,4	0,59
Polietilen	3	52,7	0,06
Galvanizli demir kaplama	6	4,9	1,22
Toplam	437	4.458	0,10

* Depreme dayanıklı derzlerle bağlanan düktil dökme demir boruda herhangi bir hasar gözlenmemiştir.

Tablo 1 incelendiği zaman km başına onarım sayısının en düşük olduğu malzemenin sünek dökme demir olduğu görülmektedir.

GP (galvanize demir kaplama)'nin onarım oranı tüm malzemeler arasında en yüksek iken LP (kurşun)'nin ardından CIP (dökme demir)'de hasar bulunmadı. En uzun boru uzunluğu olan 2.723,1 km'lik su borularının toplam uzunluğunun %61'ine tekabül eden DIP (sünek dökme demir) onarım oranı oldukça düşüktü. Ayrıca depreme dayanıklı derzli DIP'de herhangi bir hasara rastlanmamıştır.

Şekil 5, tsunami su baskını alanlarına bindirilmiş 2011 depremi sırasında Sendai Şehrindeki onarım konumlarını ve depremin ana olayı için 250 m uzamsal çözünürlüğe sahip pgv'nin (en yüksek yer hızı) dağılımını içeren su iletim ve dağıtım sisteminin bir haritasını göstermektedir. PGV dağılımı, güçlü yer gözlem kayıtları kullanılarak, mekansal enterpolasyon prosedürü aracılığıyla tahmin edilmiştir. Şekil 4'de görülebileceği gibi, en yüksek hasar yoğunlukları, PGV'lerin kıyı bölgelerine veya tsunami suları altındaki alanlara göre önemli ölçüde daha düşük olduğu, şehrin iç kesimlerinde görülmüştür.



Şekil 5. Japonya Sendai Şehrinde Depreme ve Tsunamiye Dayanmış 150 mm Çapında DIP Boru İçme suyu altyapı sisteminin zarar görmemesi için önce eğitim, ustalık ve sonra uygulama yapılmaktadır.

Depremde hasar gören içme suyu şebeke sistemi incelenmeli, hasar gören yapılar haritalanmalı, hasarın hangi tür borularda ve bağlantı sistemlerinde etkili olduğu ortaya konmalı. Ve Ucuz işçilikten dolayı oldu. Ucuz işçiliğin maliyeti çok yüksektir.

İçme suyu borusunda hasar tespiti uzmanlar tarafından yapılmalıdır.

8. Atıksu Kanalizasyon Sistemi

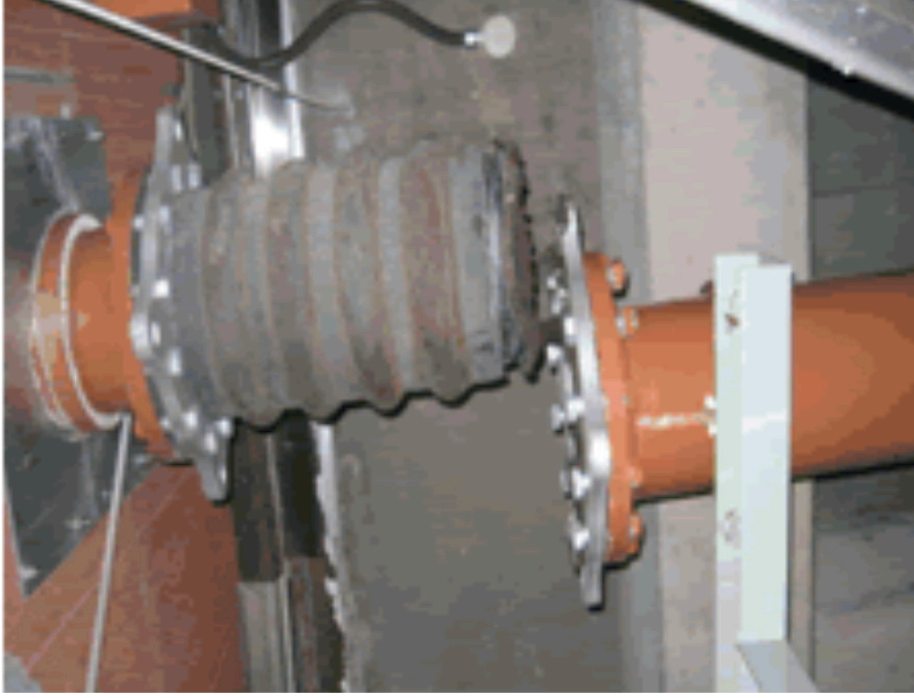
Sıvılaşma nedeniyle kanalizasyon boru sisteminde hasar

Dünya çapında, insan faaliyetleri tarafından üretilen lağım suyunun %80'den fazlası herhangi bir işlem görmeden nehirlerle ve okyanuslara deşarj ediliyor ve bu nedenle bulaşıcı hastalıkların yayılması riski taşıyor.

Kanalizasyon sistemleri evlerde ve işyerlerinde oluşan atıksuları toplayan, taşıyan ve atıksu arıtma sistemlerine taşıyan sistemlerdir.

Atıksu Arıtma Tesislerinin (AAT'ler) sismik kırılganlığını tahmin etmek için birçok nicel ve nitel yöntem geliştirilmiştir. Çeşitli çalışmalar kullanan araştırma yaklaşımı, tahmin sonuçlarına hızlı bir şekilde erişmek için en yaygın nitel süreçtir.

Depremler atıksu arıtma tesislerindeki pompalara, havalandırma ünitelerine, susuzlaştırma ünitelerine, çöktürme havuzlarına, havalandırma havuzlarına, elektrik sistemlerine ve benzeri sistemlere zarar vermiş olabilir ve ölçüm/izleme sistemi hasar görmüş olabilir. Atıksu arıtma tesisleri; dengeleme havuzu, havalandırma havuzu ve son çöktürme havuzlarında ve benzerlerinde sızdırmazlık testi mutlaka yapılmalıdır. Hasar gören ölçme ve izleme aletlerinin arızalı olup olmadığı kontrol edilmelidir.



Şekil 6. Atıksu Arıtma Tesislerinde Kopan Pompa İstasyonu

Güç kesintisi, tüm atıksu arıtma sürecini doğrudan etkiler ve arıtılan atık suyun kalitesini bozar. Basit atık su arıtma tesislerinin deprem hassasiyeti, arıtma ünitesinin (genellikle filtrasyon ünitesi) yanında bulunan atıksu arıtma tesisi arıtılmış su hassasiyeti ile ilgilidir.

Tahrip olan ve elektrik kesintisi dolayısıyla çalışmayan UV dezenfeksiyon üniteleri ve diğer ünitelerin elektrik ihtiyaçları jeneratörler sağlanabilir.

Bu yüzden önce hasar tespiti yapılır ve sonra bakım onarım işlemi işlemine geçilir.

Araştırmalarda, rögarlar da dahil olmak üzere kanalizasyon boru sistemlerine verilen hasarın türünün bölgeden bölgeye değiştiğini ortaya çıkardı. Merkez üssüne yakın Tohoku bölgesinde, kısmi sıvılaşma nedeniyle boru sarkması, rögar yükselmesi ve yol yüzeyi çökmesi meydana geldi. Bu olgular genellikle daha önceki büyük depremlerde gözlenmiştir. Kanto bölgesinde, özellikle kıyı boyunca ve Tone Nehri Havzasının merkez üssünden uzaktaki alt kesimlerinde, büyük sıvılaşma nedeniyle yol yüzeyi çökmesi, boru sarkması ve kum tıkanması meydana geldi.

Şekil 7 sıvılaşma nedeniyle bir kanalizasyon boru sisteminde meydana gelen hasarın şematik bir diyagramını gösterir. Hasar, sıvılaşma modeline göre iki türe ayrılır: dolgu zeminde kısmi sıvılaşma ve çevredeki alanda yoğun sıvılaşma. Dolgu toprağında, yani kanalizasyon boruları ve rögarların yerleştirilmesi için açılan sondaj deliklerinde kısmi sıvılaşma meydana geldi. Bu, boru sarkmasına, rögarların yükselmesine ve yol yüzeyinin çökmesine yol açarak drenaj fonksiyonunun kapanmasına ve trafiğin aksamasına neden oldu. Büyük ölçekli depremlerde ıslah edilen arazide çevredeki alanlarda büyük sıvılaşma meydana gelmiştir. Bu, kanalizasyon borusunun yükselmesine ve sarkmasına, yanıl çıkıntılara, rögarların yer değiştirmesine ve kırılmasına ve kumun savrulmasına yol açar, ayrıca drenaj fonksiyonunun kapanmasına ve kaynayan kumun birikmesinden kaynaklanan trafiğin aksamasına neden olur. **Şekil 7**, kanalizasyon boruları ve menhollerdeki hasar türlerinin oranlarını göstermektedir.

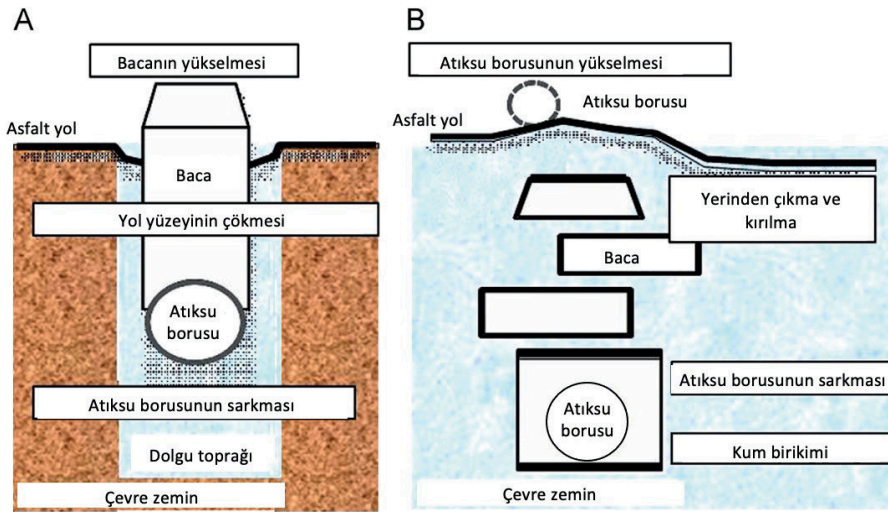
Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

96 yerel yönetimde kanalizasyon boruları ve menhollerdeki hasar faktörlerinin oranı. Aynı bölge ve rögarda belirlenen iki farklı hasar faktörünün olduğu durumlarda, toplam hasarlı kanalizasyon boru uzunluğu ve toplam hasarlı rögar sayısı çakışmaları içerir.

Toplam hasarlı kanalizasyon borusu uzunluğunun yaklaşık %90'ı sivilaşma nedeniyle hasar görmüştür: %65'i dolgu toprağındaki kısmi sivilaşma ve %25'i çevredeki büyük sivilaşmadır. Hasarlı rögarların toplam sayısının %70'i sivilaşma nedeniyle hasar görmüştür: %40'ını dolgu toprağındaki kısmi sivilaşma ve %30'unu çevredeki büyük sivilaşma oluşturmaktadır. Bu veriler, atık su boru sistemlerinde sivilaşma yoluyla hasarın dağılımını ortaya koydu.

Deprem esnasında atık su arıtma tesisleri ve pompa istasyonlarındaki hasar nedenlerini görür. Tesislerin ve istasyonların yaklaşık %90'ında hasarın nedeni tsunami ve depremdir. Atıksu arıtma tesislerinde tsunami %54, deprem %41, terfi istasyonlarında ise %75 tsunami ve %16 deprem olarak hesaplanmıştır.

Şekil 7, Büyük Doğu Japonya depreminde sivilaşmanın neden olduğu bir atıksu kanalizasyon sisteminde meydana gelen hasarın şematik çizimini göstermektedir. Hasar, sivilaşma modeline göre iki türe ayrılır: Dolgu zeminde kısmi sivilaşma ve çevredeki alanda yoğun sivilaşma.



Şekil 7 Sivilaşma Nedeniyle Kanalizasyon Sistemlerinde Meydana Gelen Hasarın Şematik Gösterimi

Not: (A) Depremlerde sivilaşma nedeniyle kanalizasyonlarda meydana gelen hasarın gösterimi: Sivilaşma sadece kanalizasyon borularının etrafındaki dolgu toprağında meydana geldiğinde, bacanın/rögarın yükselmesine, yol yüzeyinin çökmesine ve kanalizasyon borusunun sarkmasına neden olur. (B) Çevredeki alanda sivilaşma meydana geldiğinde; kanalizasyon borusunun yükselmesine, bacanın/rögarın yer değiştirmesine veya kırılmasına, kanalizasyon borusunun sarkmasına ve kum birikmesine neden olur.

Büyük Doğu Japonya Depremi'ne ait veriler incelendiğinde; atıksu boru sistemlerinin ve kanalizasyon bacalarının güçlendirilmesiyle boru hasar oranlarının düştüğü, ancak atıksu boru sistemlerinin en çok sivilaşmadan zarar gördüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, yerinde doğrulama ve veri karşılaştırması yoluyla, atıksu boru sistemleri için sivilaşmaya karşı önlemlerin etkili olduğu tespit edilmiştir. Büyük Doğu Japonya Depremi bölgenin en yoğun yerleşim yeri olan

Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

Sendai şehrinin içme suyu şebekesini önemli derecede olumsuz etkilemiştir. 437 adet iletim ve dağıtım borusu, 522 adet su temin borusu ve 105 adet yardımcı ekipmandan oluşan 4458 km'lik bir su şebekesi, depremden hemen sonra yaklaşık 230.000 hanenin su kesintisi ile sonuçlanan ciddi bir şekilde hasar görmüştür. Deprem sonrasında 437 adet boruda onarım işlemi gerçekleştirilmiştir (**Şekil 8**). Tüm malzemeler arasında 1,22 onarım/km ile galvanizli demir kaplama boruların onarım oranının en yüksek olduğu, ikinci sırada ise 0,59 onarım/km ile kurşun boruların onarım oranının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dökme demir borularda ise hasar tespit edilmemiştir.

Hasarlı bacaların/rögarların toplam sayısının %70'i ise sivilaşma nedeniyle hasar görmüştür. Gerçekleşen bu hasarların %40'ı dolgu toprağındaki kısmi sivilaşma nedeniyle, %30'u ise çevredeki büyük sivilaşma nedeniyle oluşmuştur. Bu veriler, Japonya'da yaşanan depremde kanalizasyon sistemlerindeki en büyük hasarların sivilaşma yüzünden meydana geldiğini göstermiştir.

Japonya Depreme Dayanıklı Tasarım Kılavuzu'nda (Japan Sewage Works Association, 2006), kanalizasyon boru hattı tesislerinin sivilaşmasına karşı önlemler olarak, dolgu toprağının sıkıştırılması, kırma taşlarla doldurulması, dolgu toprağının katılaşmasının iyileştirilmesi ve boşluk suyu basıncının rögarlara boşaltılması yöntemleri geliştirilmiştir. Ancak mevcut menhollerin yükseltilmesine karşı etkili ve ekonomik önlemler henüz geliştirme aşamasındadır.

Kanalizasyon borularının ve bacalarının sivilaşmasına karşı önlem olarak:

1. Dolgu toprağının sıkıştırılması,
2. Kırma taşla dolgu yapılması,
3. Dolgu toprağının katılaşdırılması,

olmak üzere uç farklı yöntem tanımlanmaktadır. İlk iki önlemin etkinliği belirlenmiş olmakla birlikte dolgu toprağının sıkıştırılması yönteminin etkinliği için deneysel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Hasar, sivilaşma modeline göre iki türe ayrılır: dolgu zeminde kısmi sivilaşma ve çevredeki alanda yoğun sivilaşma. Dolgu toprağında, yani kanalizasyon boruları ve rögarların yerleştirilmesi için açılan sondaj deliklerinde kısmi sivilaşma meydana geldi. Bu, boru sarkmasına, rögarların yükselmesine ve yol yüzeyinin çökmesine yol açarak drenaj fonksiyonunun kapanmasına ve trafiğin aksamasına neden oldu. Büyük ölçekli depremlerde ıslah edilen arazide çevredeki alanlarda büyük sivilaşma meydana gelmiştir. Bu, kanalizasyon borusunun yükselmesine ve sarkmasına, yanal çıkıntılara, rögarların yer değiştirmesine ve kırılmasına ve kumun savrulmasına yol açar, ayrıca drenaj fonksiyonunun kapanmasına ve kaynayan kumun birikmesinden kaynaklanan trafiğin aksamasına neden olur.

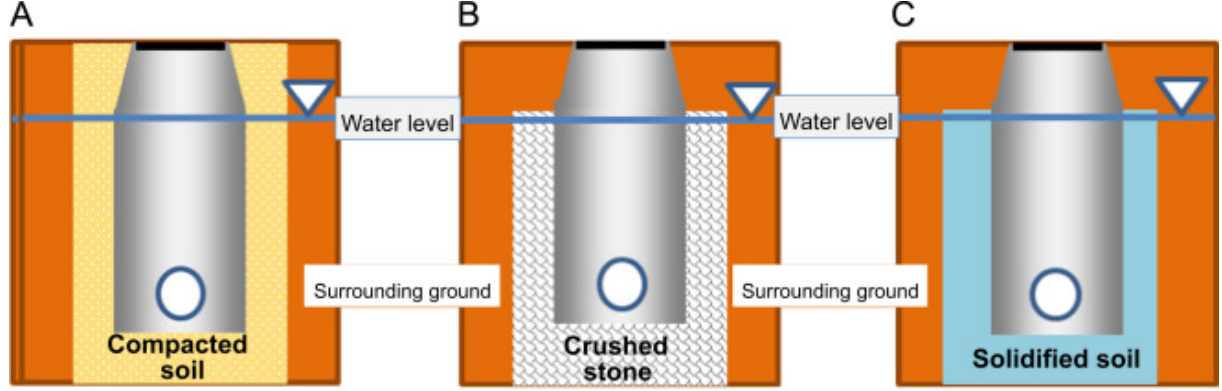
8.1. Kırma Taşla Dolgu

Depreme Dayanıklı Tasarım Kılavuzu 2006 (Japan Sewage Works Association, 2006b), kanalizasyon borularının ve menhollerin sivilaşmasına karşı önlem olarak üç dolgu yöntemini,



Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

dolgu toprağının sıkıştırılması, kırma taşla dolgu ve dolgu toprağının katılaştırılması olarak tanımlanmaktadır (**Şekil 8**). İki önlemin etkinliğini değerlendirdik: kırma taşla dolgu ve dolgu toprağının katılaştırılması. Hasarlı alanda dolgu toprağının sıkıştırıldığı bir yer yoktu ve bu nedenle gelecekte laboratuvar deneylerine ihtiyaç var.



Şekil 8. Dolgu Yöntemlerinin Şematik Diyagramı.

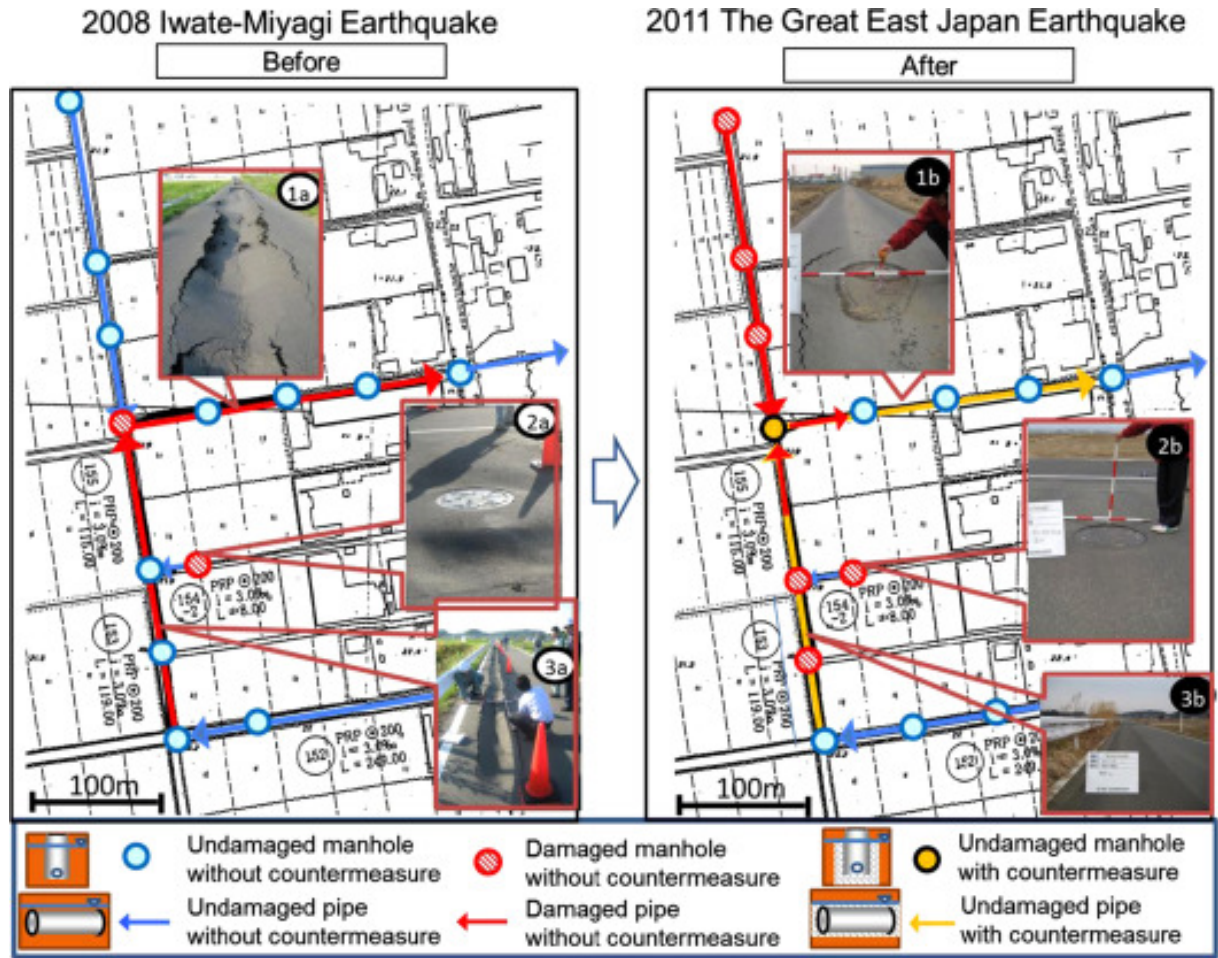
Not:

(A) Dolgu toprağının sıkıştırılması: Dolgu toprağının sıkıştırılması, dolgu toprağındaki aşırı gözenekli su basıncını azaltır, böylece sıvılaşmayı azaltır.

(B) Kırma taşla dolgu: Yüksek su geçirgenliğine sahip kırma taş, rögar ve / veya boruya bitişik fazla gözenek suyu basıncını dağıtır, böylece sıvılaşmayı azaltır.

(C) Dolgu toprağının katılaşması: Dolgu toprağının çimento ile katılaşması, dolgu toprağı sıvılaşmayan bir tabakaya dönüştürür, böylece sıvılaşmayı azaltır.

Bu yapım yöntemi, sıvılaşmayı önlemek için dolgu malzemesi olarak yüksek su geçirgenliğine sahip kırma taş kullanır. Yöntem, depremden önce Miyagi Vilayeti'nin bazı bölgelerinde kullanılmıştı, bu yüzden etkinliğini doğrulamak için yerinde doğrulama yapılmıştır. Hedeflenen bölümde, 2008 yılında Iwate-Miyagi Depremi'nden sonra, kanalizasyon borularının gelecekte sıvılaşmasını önlemek için kırma taşla dolgu yapılmıştır (**Şekil 9**). Iwate-Miyagi Depremi sırasında, dolgu toprağındaki kısmi sıvılaşmanın neden olduğu yol yüzeyi çökmesi ve kanalizasyon borusu sarkması gözlemlendi ve trafiği bozdu, oysa Büyük Doğu Japonya Depremi'nde sıvılaşmadan neredeyse hiç hasar görülmedi. Bu nedenle, kanalizasyon borusu sarkması nedeniyle yol yüzeyindeki çökme meydana gelmesine rağmen, karşı önlem etkili olmuştur.



Şekil 9. Sıvılaşmaya Karşı Önlemlerin Etkinliğinin Yerinde Değerlendirilmesi.

9. Terfi Merkezleri (Pompa İstasyonları)

Yeni Zelanda'daki atıksu pompa istasyonları depremlerden doğrudan ve dolaylı olarak etkilenebilir. Yeni Zelanda'daki WWPS'lerde depremin doğrudan hasarı, yapısal ve yapısal olmayan hasarlardan oluşmaktadır. Yeni Zelanda'daki binalara sahip WWPS'lerdeki yapısal hasarlar, mekanik ve elektrik bileşenleri dahil hiçbir yapısal bileşen üzerindeki doğrudan etkileri nedeniyle baskındır. 1976'dan önce inşa edilen WWPS'ler depremlere karşı önemli ölçüde savunmasızdır ve daha doğru analizlerden sonra güçlendirilmeleri veya değiştirilmeleri gerekir. Özellikle kuru kuyulu WWPS'lerdeki yapısal olmayan deprem kırılabilirliği da WWPS'lerdeki baskın tehlikelerden biridir. Deprem sonrası elektrik kesintisi, depremlerin WWPS'ler üzerindeki ana dolaylı hasarıdır, çünkü saha içi jeneratörlerin yanı sıra yetersiz mobil jeneratörler de mevcut değildir. Yeni Zelanda'nın WWPS'lerinin hem doğrudan hem de dolaylı deprem hasarlarında depremlere karşı hassasiyetlerini en aza indirmek için aşağıdaki öneriler dikkate alınmalıdır. Yapısal hasarsızlık açısından 1976 yılından önce inşa edilmiş olan ASK'lerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve depreme karşı hassasiyetlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bina güvenlik açıkları durumunda, hem bina güçlendirme hem de bina değiştirme dikkate alınmalıdır. WWPS'lerin yer altı yapılarındaki korozif ortama ilişkin olarak, özellikle 1976'dan önce inşa edilmiş olan WWPS'lerin yer altı yapılarının ne kadar savunmasız

olduğunu göstermek için bazı malzeme testleri ile birlikte depreme dayanıklılık analizi yapılması gerekmektedir.



Şekil 10. Terfi Merkezi

ASKS'lerin binalarının depreme karşı dayanıklı olduğundan emin olunduktan sonra duvara yeterli destek alınmadan monte edilen elektrik panolarının depreme karşı dayanıklılığı dikkate alınmalıdır. Atıksu arıtma tesislerinde (AAT) elektrikli aletler depreme dayanacak yeterli desteğe sahip olmalı ve diğer bileşen arızalarından olumsuz etkilenmemelidir. Mekanik güvenlik açığı açısından, en azından ana AAT'lerinde sabit rijit derzler, depreme dayanıklı derzlerle değiştirilir ve bozulan borular, daha esnek borularla değiştirilir. Uygun olmayan ve yetersiz desteklerle döşenen vana ve boruların düzgün bir şekilde sabitlenmesi için depreme dayanıklı destekler kullanılmalıdır. Deprem sonrası ticari elektrik kesintilerinin üstesinden gelebilmek için depreme eğilimli bölgelerdeki AAT'lerine yeterli kapasitede jeneratörler ve yakıt deposu sağlanmalıdır.

10. Terfi Merkezleri ve Atıksu Arıtma Tesisleri

Terfi merkezlerinin;

- Dağınık yerleşim alanlarının bulunması,
- Engebeli araziler,
- Seçilen alanların hazine arazisi olmaması,

Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

durumlarında, cazibeli sistemlerle atıksuyun taşınabileceği düşük kotlarda kurulamamakta ve atıksuların arıtma tesislerine taşınmasında terfi merkezi (TM) kullanımı zorunlu hale gelmektedir. Ülkemizin birçok yerleşim yerinde oluşan atıksular, TM (terfi merkezleri)'leri ile AAT'lere taşınmaktadır.

Japonya, Yeni Zelanda ve Türkiye başta olmak üzere birçok ülkede deprem sonucu birçok atıksu arıtma tesisinde hasar görmüş ve kapatılmıştır.

Tuzla Atıksu Arıtma Tesisindeki atıksuyun tuzluluğu, deprem sonrası deniz seviyesinin altına düşen kolektör borularındaki hasarlardan deniz suyunun sisteme sızmasına kadar düşmüştür. Tuzla'daki atıksu arıtma tesisi tuzlanmış ve arıtma tesisi verimsiz hale geçmiştir. İzmit atıksu arıtma tesisi kapatılmıştır.

Düzce depreminde Düzce ve Kaynaşlı'daki kanalizasyon sistemleri zemin deformasyonları nedeniyle ağır hasar görmüştür.

Deprem sonucu AAT'lerinde biriken atıksular ciddi koku kirliliğine neden olur.

Kanalizasyon sistemlerinde atıksuların, atıksu arıtma tesislerine (AAT) taşınması için TM (terfi merkezleri) inşa edilir. TM'leri, atıksuları düşük kottan daha yüksek kota taşımak için pompalar ve ekipmanlar içerir.

TM'lerinin işlevi, kanalizasyon sistemindeki AAT'lerine güvenli bir şekilde taşımaktır. Bu yüzden enerji kaygıları yanı sıra, TM'indeki pompaların hidrolik performansı ve güvenilirliği de büyük önem taşımaktadır.

TM, atıksuyu pompalamak için gerekli olan pompa sistemi yanı sıra ızgara, elek, boru bağlantıları, vana, çekvalf, jeneratör, elektrik yönetim panosu (elektrik ekipmanlar ve kontrol üniteleri), ölçüm sensörleri, enstrümantasyon ve alarmlar gibi ekipmanlardan oluşur. TM'leri, düşük kotlardan atıksuyu ana işletme merkezine yönlendirmek amacıyla kullanılmaktadır.

TM'i yapıları, elektrikli ve mekanik ekipmanlar, 100 yıllık sel gibi fiziksel hasarlardan korunacak şekilde tasarlanmalı, projelendirilmeli ve uygulamaya konmalıdır. TM'leri, 25 yıllık taşkın etkinliği sırasında tamamen çalışır ve erişilebilir durumda olmalıdır. Taşkın engelleri ile ilgili yönetmelikler/gereksinimler dikkate alınmalıdır.

TM'lerinde; mekanik/sepet ızgara, ince elek, kum tutucu, kum ayırıcı, pompalar, vanalar, elektrik panosu, havalandırma ünitesi, CH₄/H₂S/CO₂/CO/pH/iletkenlik ölçüm cihazları ve hidrofor sistemleri tesisin ihtiyacına uygun olarak planlanmalı ve uygulamaya konmalıdır.

TM'lerinde pompa performansına ek olarak hidrolik kayıpları ayarlamak yerine proses talebini karşılayacak şekilde ayarlanabilirse, değişken hızda çalışması genellikle pompalama sistemleri için enerji verimli akış kontrol yöntemi sağlar. Genellikle proses talebi, kullanılacak dönme hızının doğrudan bir göstergesidir. Bununla birlikte, uygulanan dönme hızlarının daha serbest seçilebildiği birkaç pompalama uygulaması da vardır.



Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

TM'lerinde bütün görevler için uygun enstrümanlar bulunmalıdır. Bunlar arasında izleme sistemleri (su seviyesi, basınç, hız, voltaj, akım, güç faktörü, gazlar, çalışma süreleri gibi) ve pompaların çalışma/bekleme sürelerini gösteren sayaçlar sayılabilir.

TM'lerinde atıksu pompaları için modern gereksinimler aşağıdakileri içerir:

- Acil durumlar dahil olmak üzere hizmetin güvenilirliği ve sürekliliği,
- İşletme personelinin ihtiyacının ortadan kalkması,
- Acil durum çıkışının sınırlandırılması,
- Gürültü minimizasyonu,
- İzinsiz girişlerin önlenmesi,
- Debi dalgalanmalarına uygunluk,
- Yüksek enerji verimliliği.

TM'lerinde gelen atıksuların kontrolsüz dalgalanma etkileri, boru bağlantılarının gevşetilmesi kadar pompalara, vanalara ve beton yapılara zarar verebilir. Hasarlı/yanlış boru bağlantıları ve vakum koşulları, yeraltı suyu ve geri akış durumlarından sistemde kirlenmeye neden olabilir.

Kullanılan her bir pompayı kontrol etmek için ayrı birer şalter bulunmalıdır. Emme hattında basınç düştüğünde veya gerekli debi şartları sağlanmadığında pompaların otomatik olarak durması için bir güvenlik sistemi tasarlanmalıdır. Kontrol sisteminin tasarımında gereksiz durma/çalışma eylemleri ve gereksiz hız değişimlerini önlemek amacıyla uygun tedbirler alınmalıdır.

Elektrik devrelerini kapatmak/açmak ve pompaları çalıştırmak/durdurmak amacıyla şamandıralar, elektrotlar, ultrasonik sensörler, basınç sensörleri ve zaman kontrolleri gibi muhtelif kontrol sistemleri kullanılabilir. Kontrol sistemleri, iki ya da daha fazla pompanın paralel çalıştırıldığı sistemlerde ve asıl pompadan yedek pompaya geçilmesi gereken durumlarda pompaların çalışma sıralarını değiştirmeye olanak sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

TM'lerinde atıksu belirli bir minimum seviyenin altında düştüğünde pompaların çalışması durdurulabilir. Seviye bu minimumun üzerine çıktığında, en küçük pompa minimum hızda çalıştırılır. Emme odasındaki seviye daha da artarsa, pompaların hızı da artar. Maksimum pompa hızına ulaşıldığında, küçük pompa otomatik durdurulur ve orta büyüklükteki pompa minimum hızda çalışmaya başlar. Seviye hala arttıkça, pompa hızı da buna göre artar. Bir sonraki adım, orta ölçekli pompaların paralel çalışmasıdır. Pik yükler ve acil durumlar için, orta ebat ve pik-yük pompalarının paralel çalışması gerçekleştirilir.

Birçok durumda, kentsel atıksu sistemleri, atıksuyu bir ya da daha fazla ana TM'ne taşıyan havza üzerine yayılmış bir dizi atıksu TM'u ile hiyerarşik olarak kurulur. Bir veya birkaç ana TM, atıksuyu basınç hatları üzerinden AAT'lerine pompalamaktadır. Önemli TM tanımlamanın ilk adımı, atıksu şebekesinin kritik bir analizidir. Gözlenen havza alanı, bir yerçekimi kanalizasyon



Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

sistemi tarafından beslenen yalnızca bir veya birkaç ana TM’i içerir. Doğal olarak, bu ana TM sistemdeki en kritik TM’leri olarak tanımlanmaktadır.

Tüm TM’lerine gelen atıksuyun debisi ölçülmeli. TM’lerinde debi ve basınç verilerinin analizi aşağıdaki veriler kullanılarak ortaya çıkarılabilir:

- **Pompa, pompa eğrisinin en solunda, minimum sürekli kararlı debi eğrisinin ötesinde çalışıyor. Bu noktanın altındaki işlemler, pompa eğrisi minimum sürekli sabit debi eğrisinin soluna doğru hareket ettikçe artan sıralamada aşağıdaki sorunlara neden olabilir:**

- Pompalama verimliliği düşer ve enerji tüketimi artar.
- Hidrolik aralıkların açılır.
- Debiler aralıklı hale gelebilir, kavitasyon vakalarına neden olabilir ve pervane ömrünü kısaltır.
- Debiler gittikçe aralıklı hale gelir ve kararlı olmaz:
- Daha gürültülü operasyonlar.
- Daha yüksek titreşimler.
- Gövde kıvrımı çevresindeki değişen hız ve basınçlar nedeniyle yatak ve sızdırmazlık ömründe azalmalar.
- Çarkı daha da kötüleştiren daha sık kavitasyon oluşumları.

- **Sıcaklıklar artmaya başlar ve bu da aşağıdakilere neden olur:**

- Agresif pervane bozulması.
- Pervane ile artan kimyasal reaksiyon olasılığı (su kimyası ve pompa pervane malzemesine bağlıdır).
- Pompa, pompa eğrisinin en sağında izin verilen maksimum debisinin ötesinde çalışıyor.

- **Bu noktanın ötesindeki işlemler aşağıdakilere neden olur:**

- Azalmış pompalama verimliliği,
- Çarkın daha fazla bozulmasına neden olan sık kavitasyon oluşumu,
- Pompalar arasındaki aktarım düzgün değil. Bu, bir sonraki pompayı sıralı olarak çalıştırmak için bir gecikme yoksa veya gecikme çok uzun veya kısa ise oluşabilir. Bu sorun genellikle minimum sürekli kararlı akış veya izin verilen maksimum akış ile ilgili olarak tartışılan önceki konulardan biriyle birlikte bulunur.
- Kapalı devre sistemlerde basınç korunmaz. Bu genellikle minimum ve maksimum debi sorunları ile birleştirilecektir.

- **Pompanın motora yanlış hizalanması:**



- Pompanın motora yanlış hizalanması atıksu pompası istasyonlarında yaygın olarak görülen bir sorundur. Genellikle ilk kurulum sırasında aşınmış bir bağlantı veya yanlış hizalamadan kaynaklanır. Pompanın emme borusu veya tahliye borusu tam olarak doğru yere monte edilmezse, pompayı kademeli olarak yerinden çekebilirler.
- Bu olay olursa, pompa motora veya borulara yanlış hizalanırsa, pompa yataklarına ve kaplinlerine aşırı kuvvet uygulanır. Bu nihayetinde erken pompa arızasına neden olur.
- Pompa arızalanmadan önce bu sorunu gidermek için, hassas hizalama çalışması yapmak için lazer hizalama ekipmanı kullanılabilir.

11. İçme Suyu Borularının Kırılma Etkileyen Faktörler

İçme suyu arıtma, ekosisteme deşarj edilen arıtılmış içme suyunun kirlilik yükünü azaltır. Atık su arıtıldığında, çevreye salınan atık miktarı önemli ölçüde azaltılarak çevrenin durumunda genel bir iyileşme sağlanır.

Geçmiş depremlerin etkileri ile ilgili yapılan çalışmalar özet olarak, geçmiş depremlerin etkileri ile ilgili çalışmalar aşağıdaki sonuçlara ulaşmıştır:

- Küçük çap daha fazla hasara uğramıştır.
- Derinliği az olan boruların kayıpları daha fazla olmuştur.
- 50-100 mm çaplı borularda eğilme kırılması meydana gelmiştir.
- Yere çakılan borularda sıvılaşma meydana gelmiştir.
- Asbest borular ile döküm borularda gövde hasar miktarı birbirine göre fazladır.
- Çelik borularda hasar miktarı diğer borulara göre daha azdır.
- Eski boruda daha fazla hasar olmuştur.
- Asbest ve beton boru ve tüplerin bünyesi çok zayıflamıştır.
- Yapım yılı ve boruların korozyonu gövde hasarını etkilemiştir.

Geçmiş depremlerin bağlantılara etkisi üzerine yapılan çalışmalarda şu sonuçlar elde edilmiştir:

- 450-300 mm çaplı borular birleşim yerlerinde en yüksek arıza olmuştur.
- Kırılma nedeniyle oldukça hassas olan çelik borulardaki kaynaklı bağlantılarında hasar olmuştur.
- Yer değiştirmeye ve deformasyona (flanş) dayanıklı bağlantılar daha az hasar görmüştür.
- Bağlantılar sıvılaşma sırasında deformasyon sırasında topraktan çıkarılmıştır.



Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

- PVC boru bağlantıları kopmuştur.
 - T şeklindeki bağlantıda ve vidada kırılma ve çatlama meydana gelmiştir.
 - Çelik borularda ek yerlerinin çıkıntısı ana arıza nedeniydi
 - Cıvatalı bağlantılarda çelik boru ve demir boru zayıflamıştır.
 - Döndürme nedeniyle bağlantılar bozulmuştur
1. **Korozyon:** Borulardaki korozyon, borunun etkin kesit alanını ve korozyonun veya pasın neden olduğu bölgedeki kritik bağlantı noktalarını azaltır. Yayınlanan raporlara göre, 1999 Tayvan depreminde, boruların %50'si korozyon nedeniyle zaten zayıftı, bu da korozyonun depremin neden olduğu hasarın artmasında ve dizginlenmesinde önemli bir etken olduğunu gösteriyor; boruları değiştirmek ve muhtemelen malzemeyi değiştirmek gerekir.
 2. **Boru içeriğinin sızdırması:** Sızdıran borular iki açıdan ele alınır. Birincisi boruda tahribat yaratmak, ikincisi ise sızıntıyı çevreleyen borular ve sütunlar açısından pas ve korozyon oluşturması.
 3. **Kaynak Kalitesi:** Kaynak noktaları iyi kalitede değilse, kaynak noktaları kritiktir ve bir deprem sırasında savunmasız hale gelecektir.
 4. **Kötü Koşullar:** Geçmiş deprem deneyimleri, borularda çoğu arızanın birçok faktörden kaynaklanabilecek dirsek bölgelerinde meydana geldiğini göstermiştir, bu nedenle eğriler savunmasız bir alandır. Bu nedenle, viraj sayısı ne kadar azsa ve virajlarda ve açılardaki değişiklik ne kadar hafif olursa olsun, daha az savunmasız olacaktır.
 5. **İzolasyon (su yalıtımı):** Kaplama veya izolasyon borularının istenildiği yönde çelik borularda kapak hasarlarının korozyona neden olması boruları ve dolayısıyla kritik kesiti oluşturur.
 6. **Kısıtlamalar:** Boruların zafiyetini azaltan en önemli faktör, tutma durumlarıdır. Kısıtlama boruları dikey ve yanal olarak ikiye ayrılabilir. Dikey kısıtlama, dikey yer değiştirmeyi kontrol etmek içindir ve yanal kısıtlama, yanal yer değiştirmeyi kontrol etmek için sağlanır. Deprem anında konsol kenarından boruların düşerek yanal olarak dengesiz durumda olması dikkat çekicidir. Tutucular, çaprazların yerleşimi, özellikleri ve sınır koşullarına göre belirlenen farklı tiplere sahiptir.
 7. **Branşman bağlı çapı**
 8. **Yorulma:** Titreşim borunun etkisidir veya diğer boru sürekli hareketi farklı faktörlerden etkilenir.
 9. **Yakınlık ve Etki:** Borular arasında uygun mesafenin gözetilmemesi veya diğer ekipmanların objektif değerlendirmede kalması incelenir, depremlerin neden olduğu yanal hareketler nedeniyle boruların konumu yetersiz ise, çarpışma kuvvetlerinin borulara etkisi Tüpün gövdeye eklenmesi ve boruların zarar görmesine neden olabilecek hassas kısımlar, buna bağlı olarak vaka sayısı değerlendirmesini etkileme olasılığı yüksektir.



Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

10. **Ankrajlı Eleman Bağlantısı:** Ankrajlı elemana boru bağlantısı aslında bir deprem anında ve ekipmandaki parti yerlerinin yetersiz kısıtlama nedeniyle değişmesi, ekipmana bağlı borularda beklenenden daha fazla yer değiştirmesine neden olabilir.
11. **Diferansiyel Yer Değiştirme:** Borunun diğer ucunda büyük bir yerde yüksek sabit uç vardır ve sabit uçta boru yapma değişiklikleri meydana gelir.
12. **Yerüstü:** Tesisat sistemlerinde doğal olarak sertliği olan büyük çaplı ve kısa boydaki borular kayma kırılmalarına karşı hassastır.

Yukarıda belirtilenlere ek olarak, bu sorunları hafifleterek deprem felaketini azaltabileceğimiz önemli olan iletim hatlarının kırılma kırılma durumunda başka bir durum daha vardır:

- **Sızdıran borular:** boru sızıntısı, boruya zarar verir ve hasarları arttıran yüksek boru desteği oturma. İçme suyu kayıplarının yüksek olduğu yerleşim bölgelerinde özellikle dikkat alınmalıdır.
- **Kaynaklı boruların kalitesi:** Kaynak düzgün yapılmazsa, bir depremde kritik noktalara zarar verir ve hatları tahrip eder.
- **Bükülme ve yarıma durumu:** Geçmiş depremlere göre yaralanmaların çoğunun bükülmüş tüp yerine meydana geldiği tespit edilmiştir. Bükülmüş boruların konumu hassas bir noktadır. Bu nedenle yumurta sayısı az ve viraj açıları biraz daha düzgün, depreme karşı hassasiyeti azalmaktadır.
- **Korozyon:** Eskime ve korozyon, özellikle konsolide edilmemiş dişli bağlantılı çelik ve dökme demir borularda hasarları arttırır. Eski borulardan yeni borulara hasar ve arıza olasılığı daha yüksektir.

Bir deprem sırasında boru sistemlerinin doğru ve kabul edilebilir davranışı, aşağıdaki gibi temel faktörlerin sağlığına ve kalitesine bağlıdır:

- Kullanılan malzemeler, mekanik tasarım boru hattı, duvar kalınlığı, kompozisyon ve koruyucular.
- İnşaat (kaynak, lehimleme, pranga ve bağlantı elemanları, NDT onarım ve bakımı)
- İçme suyu şebeke sisteminde korozyonun izlenmesi ve ele alınması, düzenli denetimler ve işletme sırasında periyodik olarak yapılmalı
- Binalar ve yapılar ile binaların altındaki ve etrafındaki zemin koşulları incelenmeli.

Sismik dalgaların her biri benzersiz özelliklere sahip birçok kategoride sınıflandırılabilir ve yer altı yapılarında da belirli bir etkiye sahiptir. Sismik dalgalar karşısında cevap veren yeraltı yapıları, genellikle üç katta aksel deformasyon, eğrilik ve eğilme halka ve düşme deformasyonu gibi bozulmalara sahiptir.

Yeraltındaki altyapı yapılarında aksel deformasyona neden olan basınç dalgaları, yapının deformasyonundan kaynaklanan basınç ve çekme gerilmeleri oluşturarak ortaya çıkar.



Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

Depremlerin neden olduğu artan gerilimler betonun ötesinde yeterince dayanacak şekilde tasarlanmıştır ve bunlar duvarlı yeraltı yapıları oluşturabilecekleri ve kabuk oluşturabilecekleri çatlaklara ve gerilmelere yol açabilecek bu yapılar içindeki yapıların dış katmanlarında elastikiyet kaybına neden olabilir. Basınç dalgalarını kontrol etmek, bu sürecin mekanizmasını daha iyi anlamaya yardımcı olur.

Basınç dalgası (PW) deprem dalgalarının en hızlı dalgasıdır ve bu nedenle yapıyı etkileyen depremlerin ilk dalgası olan basınç dalgalarıdır, çünkü elastik dalgaların çekme ve sıkıştırmadaki deprem titreşimleri imalat yapılarıyla ilgilidir, daha iyi görselleştirme için düşünün uzunluğu boyunca bir dalga oluşturan bir yay; bu şok dalgası yayılır ve uzunluğunun bitişik bölümü çekebilecek bir kısmını toplar, bu döngü dalga yaydan tamamen geçene kadar devam eder.

Halka şeklinin değişmesi, sismik dalgaların uzun eksen anlaşma yapılarına dik veya hemen hemen dik olması durumunda gerçekleşir. Bu sadece dalga boyu depremin yeraltı boşluğunun yarıçapından daha küçük olduğunda meydana gelir, bu kayma gerilimi yapılar ile dalgalar oluşturur.

Büyük Doğu Japonya Depremi ve buna eşlik eden sivilaşma ve tsunami, Tohoku'dan Kanto bölgesine kadar geniş bir alanda kanalizasyon boruları, menholler, pompa istasyonları ve atıksu arıtma tesisleri dahil olmak üzere birçok kanalizasyon ve arıtma sistemine ciddi şekilde zarar vermiştir. Drenaj sistemleri ve arıtma sistemleri gibi tesisleri kapatan hasar faktörlerini özetlemek ve kategorize etmek için bir anket araştırması, görüşme anketi ve yerinde doğrulama gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, kanalizasyon sisteminin sivilaşmasını önlemek için karşı önlemlerin etkinliğini de incelenmiştir. Sonuçlar, kanalizasyon borularının %90'ının ve rögarların %70'inin sivilaşma nedeniyle hasar gördüğünü ve atıksu arıtma tesislerinin %54'ünün zarar gördüğünü gösterdi ve pompa istasyonlarının %75'i tsunamiden zarar gördü. Bununla birlikte, sivilaştırma karşı önlemlerinin uygulandığı kanalizasyon borusu bölümlerinde ciddi bir hasar bulunmaması, karşı önlemlerin etkili olduğunu düşündürmektedir.

12. Kuyular

Deprem sonrası mevcut kuyulardaki yeraltı suyu seviyesi değişebilir.

Kuyulardaki yeraltı suyu seviyeleri sismik dalgalar geçerken aşağı yukarı salınabilir ve bazı durumlarda sismik dalga dizisi sona erdikten sonra su seviyesi bir süre daha yüksek veya düşük kalabilir, ancak bazen bir depremin ardından yeraltı suyu seviyelerinde uzun vadeli bir kayma olabilir. Bir kuyuda kaydedilen en büyük deprem kaynaklı ofset, bir metrelik bir artıştır.

Yeraltı su kalitesi, tipik olarak sarsıntının en azından hissedilecek kadar güçlü olduğu yerlerde depremlerden de etkilenebilir. Çalkalama, kuyuya su sağlayan kayalardaki gözeneklerden ve çatlaklardan gevşek tortuları çıkaracağından kuyu suyu bulanıklaşabilir. Bu genellikle geçicidir, yalnızca saatler veya günler sürer. Güçlü deprem sarsıntısı kanalizasyon hatlarına, gaz hatlarına veya tehlikeli maddeler içeren herhangi bir altyapıya zarar vererek suya kirletici maddeler saldıığında su kalitesi üzerinde daha ciddi etkiler meydana gelebilir.



Depremlerde İçme Suyu ve Atıksu Yönetim

Kuyuların depremden önce ve sonra tepkisini incelemek ve deprem nedeniyle üretimlerinde herhangi bir değişiklik olduğu sonucuna varmak için kuyuların akan kuyu başı basınç verileri kullanılır. Akan kuyu başı basıncı, kuyu başı boğulmasından hemen önce ölçülen basınçtır. Bu veriler genellikle saha üretim mühendisleri tarafından kuyu üretiminin izlenmesi amacıyla her kuyu için günlük veya haftalık olarak kaydedilir. Bu nedenle, akan kuyu başı basınç verilerinin geçmiş dosyası her kuyu için mevcuttur ve ihtiyaç duyulduğunda kullanılabilir. Herhangi bir olayın veya operasyonun kuyu üretimine etkisi bu tarihtede izlenebilir.

Deprem sarsıntısının yüzeyin altındaki geçirgenliği artırabileceğini ve akiferleri, farklı kimyaya sahip su içeren yakındaki oluşumlarla bağlayabileceğini gösterir. Bu değişiklikler genellikle özel ekipman olmadan tespit edilemeyecek kadar küçüktür ve insan sağlığına tehlike oluşturma olasılığı düşüktür.

Yeraltı suyu seviyelerinde basamak değişiklikleri, bir depremin 'yakın alanında' meydana gelir çünkü deprem, akifer sistemleri de dahil olmak üzere yer kabuğunu gerilime ve kalıcı gerilime (deformasyon) maruz bırakır. Bu deformasyon süreci, akifer sistemlerinde sıvı basıncının değişmesine neden olur ve sonuç olarak su seviyesinde basamak benzeri bir değişiklik olması beklenir. Sistem üzerindeki stres ve gerinim etkileri değişken olduğundan, değişiklikler yukarı veya aşağı olabilir. Sığ kuyulardaki yukarı basamaklar için, üstteki tortuların sıkışması yeraltı suyu seviyesini yükseltebilir. Alternatif olarak, çatlaklı bir kaya akiferinde, kuyuya su sağlayan çatlaklar bir depremin dalga dizisi tarafından genişletilebilir, tıkanabilir veya kapatılabilir. Yeni su taşıyan kırıklar bile oluşturulabilir. Sonuç olarak bu sistemlerdeki su seviyeleri kalıcı olarak artabilir veya azalabilir.

Deprem esnasında kuyular hasar görmüş olabilir. Bu yüzden yeraltı suyunun kullanıldığı yerlerde ve tarımsal alanlarda deprem sonrası kuyu suları test edilmeden kullanılması ve içilmesi sakıncalıdır.

Depremde suyun kalitesi bozulmamışsa hasar gören pompalar ve benzeri ekipmanların bakım, onarım ve tamiri yapılmalıdır.

