ÇORLU İLÇESİ ÇÖP DOLGU ALANININ DEPREM DAVRANIŞI

E. Ordu[1], Ş. Ordu[2] ve B. Özdemir[3]

[1] *Yardımcı Doçent Doktor, İnşaat Müh. Bölümü, Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu-Tekirdağ*
[2] *Yardımcı Doçent Doktor, Çevre Müh. Bölümü, Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu-Tekirdağ*
[3] *İnşaat Yüksek Mühendisi, Bursa*
Email: eordu@nku.edu.tr

ÖZET:

Depremsellik açısından 2. bölgeye girmekte olan Çorlu İlçesi atık dolgu sahasında da, deprem esnasında veya depremden sonra önemli kazalar oluşabilme olasılığı bulunmaktadır. Sismik bölgelerdeki atık depolama sahaları sadece statik yükler altında değil, aynı zamanda sismik şartlar altında da göçmelere karşı güvenli olmalıdır. Güvenli ve sağlam katı atık dolguların, bünyesinde bulunan üniform olmayan malzemelerden dolayı tasarımları oldukça zordur. Atık dolguların duraylılığının atık tepeciğinin içerisinden yitirilmesi, dolgunun temel zemini boyunca veya kaplama sistemleri boyunca kaymalar olmak üzere azalması (kaybolması) önemli sorunlar yaratabilecek hususlardır. Yapılan bu çalışmayla Çorlu İlçesinin katı atık depolama alanının deprem davranışı, PLAXIS bilgisayar yazılımı ile gerçekleştirilmiş olup, zaman-tanım alanındaki sonlu elemanlar analizleri yardımıyla irdelenmiştir. Farklı büyüklükteki depremleri temsil etmek üzere, 1 Ekim 1987'de meydana gelen Whittier Narrows depreminin, ortalama 0.06g, 0.15g ve 0.27g maksimum yer ivmesi değerine sahip 3 adet gerçek kaydını, analizlerde yer hareketlerinin sismik girdisi olarak uygulanması yoluyla, ivme değişimleri hesaplanabilmiştir. Atık dolguların, doğrusal olmayan gerilme-birim deformasyon davranışları Mohr-Coulomb yenilme kriteri ile hesaplamalara dahil edilmiştir. Böylelikle, Çorlu atık depolama sahasının olagelebilecek deprem esnasındaki davranışı üzerinde, farklı büyüklükteki depremlerin etkisi araştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Depremsellik, çöp deponi alanı, yer hareketleri.

1. GİRİŞ

Zeminler üzerine inşa edilen katı atık (evsel) dolguların, deprem altındaki davranış mekanizmasını tam anlamıyla yansıtabilen tasarımı gerçekleştirmek, çevre geotekniğinin önemli problemlerinden birini oluşturmaktadır. Özellikle yerleşim alanlarına ve aktif fay zonlarına yakın atık dolguların stabilitesininin "risksiz" sağlanması problemin önemini daha da arttırır.

Birçok ülkede olduğu gibi bizde de evsel atık dolgu sahalarında, deprem esnasında veya depremden sonra önemli kazalar oluşabilmektedir. Atık dolgularının duraylılığının atık tepeciğinin içerisinden yitirilmesi, dolgunun temel zemini boyunca veya kaplama sistemleri boyunca kaymalar olmak üzere azalması (kaybolması) önemli sorunlar yaratabilmektedir. Deprem sırasında ve sonrasında evsel katı atıkların çevreye olumsuz etkilerinin önlenmesi yanında yeraltı suyunun kirlenmesinin de engellenmesi sağlanmalıdır.

1.1. Çorlu İlçesi Çöp Depolama Sahası

Çorlu ilçesi Trakya'nın merkezinde, plato yüzeyinin üzerindeki düzlükte yer alır. Elverişli doğal yapısı, güçlü ulaşım bağlantıları ve stratejik önemi ile bağlı olduğu Tekirdağ ilinin en gelişmiş ilçesidir. İl Merkezine 38 km uzaklıkta olan ilçenin yüzölçümü 949 km^2 dir. (Çevre Durum Raporu, 2010)

Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemine göre TÜİK tarafından açıklanan 2012 yıl sonu verilerine göre ilçe merkezi nüfusu 235.354 tür. İlçedeki nüfus artış oranı ise yaklaşık olarak %3.32 olmuştur. (www.corlu.gov.tr)

Katı atık, üreticisi tarafından atılmak istenen toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı madde ve arıtma çamurlarının tümü şeklinde tanımlanmıştır (KAKY, 1991). Katı atık uzaklaştırmasında ülkemizde en yaygın uygulanan yöntem düzenli/düzensiz depolamadır. Buna bağlı olarak, sanayileşmenin ve hızlı nüfus artışının en yoğun olduğu yerlerden biri olan Çorlu ilçesinde kullanılan katı atık depolama yöntemi de düzensiz (vahşi) depolamadır. Daha önce kum ocağı olarak kullanılan sahaya 2004 yılından itibaren çöp dökülmeye başlanmıştır. Çorlu'nun katı atık depolama alanına günde yaklaşık olarak 340 ton çöp dökülmektedir. Kişi başına düşen katı atık miktarı yaklaşık olarak günde 1,44 kg'dır. Deponi alanına gelen tıbbi atık miktarı 450 kg/gün'dür. Gelen tıbbi atıklar, ayrı bir bölümde kireçlenerek gömülmektedir. Tehlikeli atık miktarı ise 1,09 ton/gün'dür. Endüstriyel katı atık miktarı 20 ton/gün'dür. İlçedeki katı atıkların madde gruplarına göre dağılımı Tablo 1'de verilmiştir. (Tınmaz,2002)

Tablo 1. Çorlu İlçesi Katı Atıklarının Madde Gruplarına Göre Dağılımı (% ağırlık olarak)

Madde Grupları	**Ortalama (%)**
Organik Madde	55
Kağıt	10
Plastik	13
Cam	7
Tekstil	2
Metal	3
Kül ve Diğer	10
Toplam	100

Vahşi döküm yapılan depolama yerinin alanı 120.000 m^2 (12 ha) olup hacmi 1.600.000 m^3'tür. Çöp alanının bazı bölümlerinde çöp yığınlarının 40 m'den daha fazla olduğu tahmin edilmektedir. (Demirtaş, 2009)

Deponi alanında oluşan sızıntı suları, yüzeysel ve yeraltı sularına karışmaktadır. Sızıntı suyunun miktarı bilinmemekte olup herhangi bir önlem alınmamaktadır. Deponi alanından çıkan gazlar için hiçbir önlem alınmamakta ve bacalar kullanılarak gaz çıkışı sağlanmamaktadır.

Katı atık depolama alanı, şehrin güneyinde bulunmaktadır. Şehre olan uzaklığı 2,5 km olup şehir merkezinden görülmemektedir. Hakim rüzgar yönü şehrin merkezine doğru olmadığından, şehirde herhangi bir koku problemi oluşmamaktadır.

Poşet gibi uçucu atıkların etrafa yayılmaması amacıyla deponi alanının çevresinde herhangi bir önlem alınmamıştır. Döküm yerinde böcek ve koku problemi için Nisan ayından sonra ilaçlama yapılmaktadır. (Eylem Planı, 2008).

2. TEMEL ZEMİNİN VE ÇÖP DOLGUSUNUN GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Çöp Depolama Alanı olarak seçilmiş olan yerdeki temel zeminin geoteknik özellikleri, bu alanda yapılmış olan iki çalışmadan (Tınmaz,2002 ile Demirtaş, 2009) alınarak Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Temel Zeminin Geoteknik Özellikleri

Malzeme Adı	**Alüviyal Kil**
Elastisite Modülü (E, kPa)	110 000
birim hacim ağırlık (γ, kN/m^3)	18
kohezyon (c, kPa)	40
içsel sürtünme açısı (ϕ,^{o})	35
poisson oranı (ν)	0.30
sükunet katsayısı (ko)	0.50
kayma dalgası hızı (Vs, m/sn)	150

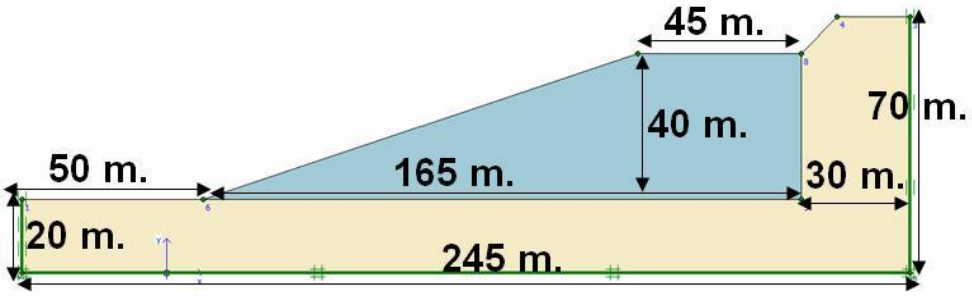
Çöp ve atıktan oluşmuş dolgular üzerinde yapılan çalışmalara ait veriler, daima geniş bir aralık göstermektedir ve değerler tutarsız ve birbiriyle uyumlu olmamaktadır. Bu duruma, atık özelliklerini etkileyen sınır şartlarının değişkenliği kadar atık bileşenlerinin de değişken olması önemli rol oynamaktadır (Edinçliler ve ark., 2007). Aynı şekilde depolanmış olan atık dolgularda bile araştırıcıların birbirlerinden çok farklı parametreler önermesi atık dolguların koşulları hakkında karar vermenin zorluklarını kanıtlar niteliktedir. Bu nedenle; çöpün geoteknik özellikleri, literatürde adları en çok geçen ve referans kabul edilen iki kaynakçadan seçilerek belirlenebilmiş olup Tablo 3'de özetlenmiştir (Seco e Pinto ve ark., 1999 ile Shan ve Fan, 2009).

Tablo 3. Çöp Dolgunun Geoteknik Özellikleri

Malzeme Adı	**Çöp Dolgusu**
Elastisite Modülü (E, kPa)	7 000
birim hacim ağırlık (γ, kN/m^3)	10
kohezyon (c, kPa)	10
içsel sürtünme açısı (ϕ,^{o})	15
poisson oranı (ν)	0.35
sükunet katsayısı (ko)	0.30
kayma dalgası hızı (Vs, m/sn)	50

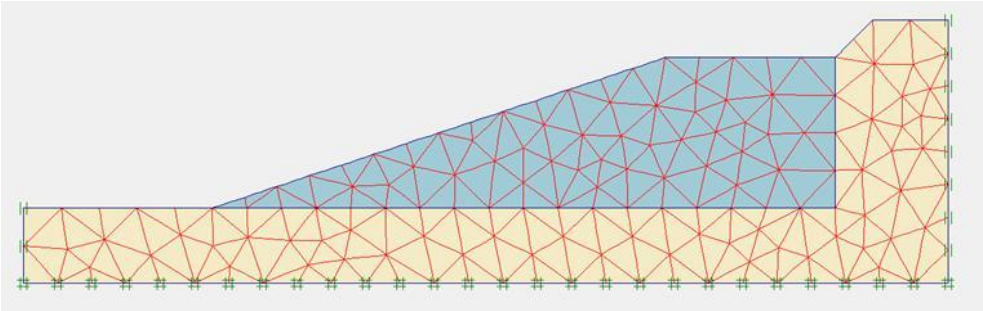
3. NÜMERİK MODELLEME

PLAXIS (Finite Element Code for Soil and Rock Analysis), geoteknik mühendisliğindeki deformasyon ve stabilite problemlerinin sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilebilmesi için tasarlanmış bir bilgisayar yazılımıdır. Çorlu Atık Depolama Sahasının dinamik analizi, PLAXIS 8.2 versiyonu kullanılarak yapılmıştır.
Analizler, 2 boyutlu olarak düzlem deformasyon geometri koşullarında yapılmış olup atık çöpler, üzerine inşa edildiği temel zeminle (alüviyal kil) birlikte modellenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Nümerik Analizde kullanılan model

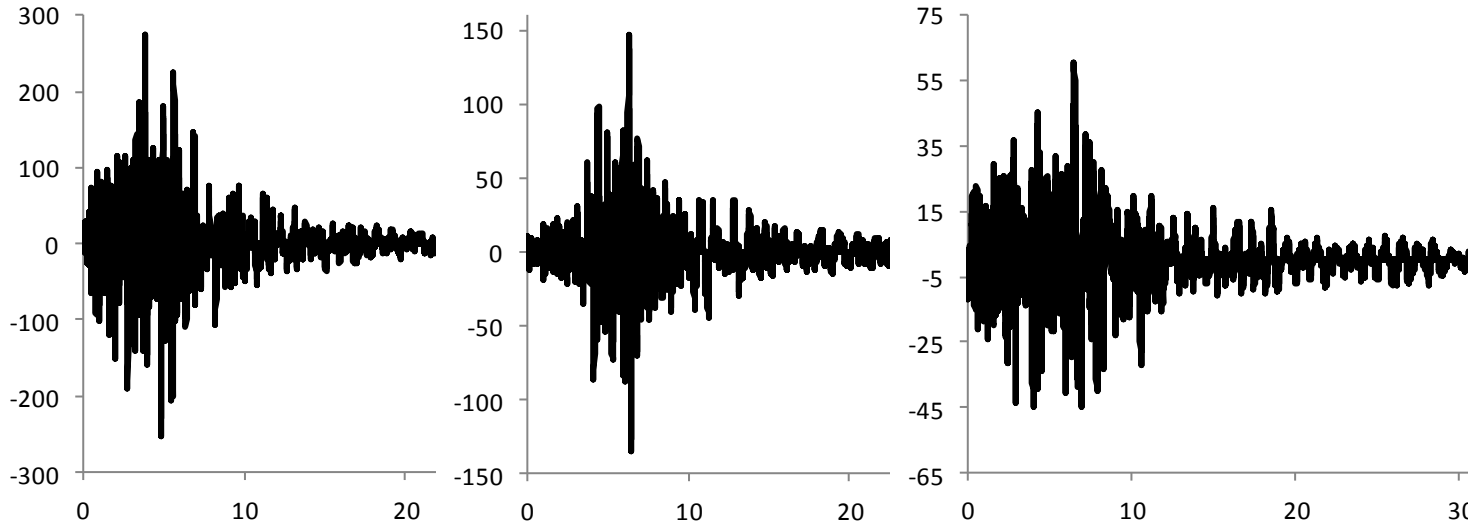
Analizlerde alüviyal kil zemin ve çöp dolgu için malzemenin doğrusal olmayan gerilme-birim deformasyon davranışları Mohr-Coulomb yenilme kriteri ile hesaplamalara dahil edilmiştir. Analizler, drenajlı koşullar altında tanımlanmıştır. Sonlu eleman analizlerinde, seçilen ağ sıkılığı hem sonuçların doğruluğunun artırılabilmesi hem de hesaplama yükünün dengelenebilmesi açısından son derece önemli olmaktadır. Geoteknik problemlerin deprem sırasındaki davranışını modellemek için sınır şartlarının doğru modellenmesi çözümün doğruluğunu önemli ölçüde etkilemektedir (Edinçliler ve ark., 2007). Bu nedenle, kayma dalgalarının yansımasını önlemek amacıyla, absorbe edici viskoz sınırlarla birlikte malzeme parametrelerinde rayleigh sönüm kullanılmıştır. Şekil 2 ’de nümerik analizlerde kullanılan ağ (mesh) görülmektedir.



Şekil 2. Dinamik Analizde Kullanılan Ağ

4. DEPREM GİRDİSİ

Çöp depolama alanının, sismik davranış ve performansının belirlenmesi amacıyla Şekil 3’ de görülen, Kaliforniya ve civarında kaydedilmiş 1987 Whittier Narrows depremine (M=5.9) ait 3 adet yer hareketi kaydı kullanılmıştır.



(a) 0.27 g 'lik girdi (b) 0.15 g 'lik girdi (c) 0.06 g 'lik girdi

Şekil 3. Dinamik Analizlerde Kullanılan Deprem Girdileri

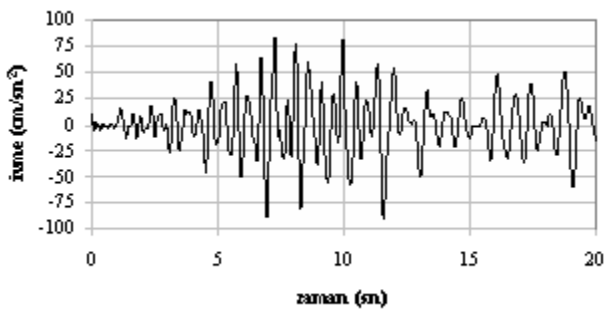
Deprem kayıtları U.S. Geological Survey (U.S. Geological Survey National Strong-Motion, http://nsmp.wr.usgs.gov/smcfmt.html) web sitesinden alınmıştır. Analizde kullanılan deprem ve ivme kayıtlarına ait değerler özet halinde Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Analizlerde kullanılan Whittier Narrows depreminin ivme kaydı özellikleri

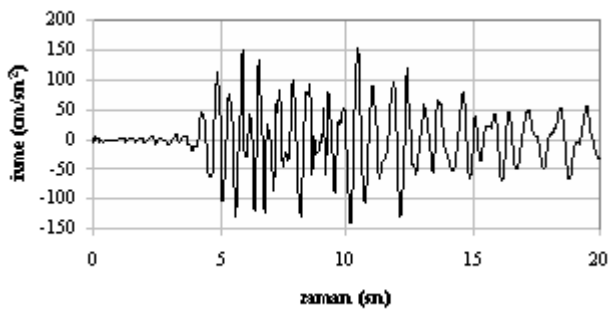
girdi adı	deprem merkezine uzaklık (km.)	pik ivme değeri (cm/s/s)	pik hız değeri (cm/s)	deprem süresi (s)
0.27 g	7	274.45	-10.1	30
0.15 g	16.9	147.0	7.85	55
0.06 g	16.9	60.55	3.08	45

5. ATIK DOLGUNUN DEPREM DAVRANIŞI

Çorlu çöp dolgu alanının deprem etkileri altındaki davranışının modellenmesi ve simüle edilmesinde, Tablo 4'deki ivme cinsinden deprem girdileri, 20 saniyelik bir zaman alanı içerisinde, taban kayasına üniform olarak uygulanmış ve böylelikle sonlu eleman hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmadaki ilginin odak noktasını, farklı büyüklükteki depremlerin, Çorlu çöp dolgusunun davranışı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi oluşturmuştur. Çöp Dolgunun yüzeyindeki ivme zaman değerlerinin değişimleri ise her bir analiz neticesinde, çöp dolgusu malzemenin tepe noktasında hesaplanan ivme değerlerinin çözümünden bulunmuştur. Elde edilen, bu ivme değerleri, Şekil 4'de görülmektedir.



(a) 0.06 g 'lik girdi kaydının çıktı (ivme) değerleri



(b) 0.15 g 'lik girdi kaydının çıktı (ivme) değerleri

Şekil 4. Nümerik Analiz Sonuçlarından elde edilen Çözümlemeler

0.06 g 'lik girdi kaydının çıktılarında, pik ivme yaklaşık0.09 g 'lik bir değer olurken büyütme oranı da 1.5 kat olmuştur. Yine aynı şekilde 0.15 g 'lik girdi çıktılarında ise pik ivme ve büyütme oranı sırasıyla, 0.155 g ile 1.05 olmaktadır.

0.27 g 'lik girdi kaydının çıktı (ivme) değerleri elde edilememiş olup yanal yönde 2.02 metrelik ve düşey yönde de 2.83 metrelik deplasmanlar (yer değiştirmeler) gözlemlenmiştir. Bunun neticesinde de, kabul edilemez olarak nitelendirilen mesh (ağ) bozulmaları ortaya çıkmış olup nümerik model hesaplamaları durdurulmak zorunda kalınmıştır. Bu kadar büyük deplasmanlar, çöp olarak nitelendirilen malzemedeki plastik akış (malzemedeki göçme) neticesinde ancak meydana gelebilmiştir. Bu duruma, kompozisyonu ve özelliklerinden dolayı çöp malzemenin ezilmesi yanında malzemenin içerisindeki kaymaların da neden olabileceği düşünülmektedir. Edinçliler ve arkadaşlarının, 2007 yılında yapmış oldukları katı atıkların deprem davranışlarının sarsma masası çalışmalarında da benzer sonuçlar gözlemlenmektedir.

6. SONUÇ

Çorlu'da şehirleşme 1970'lerden itibaren hız kazanmıştır. Çorlu özellikle 1990 sonrası, hızla artan bir sanayi ile Türkiye'de en fazla göç alan yerlerden (şehirlerden) biri haline gelmiştir. Artan nüfus ve hızlı gelişen sanayileşme gittikçe büyüyen ve güncel bir sorun olan evsel ve sanayi kökenli katı atıklar sorununu da beraberinde getirmiştir.

Katı atık depolama alanlarının deprem sırasında güvenli olmaları, özellikle sanayi kökenli atıkların içerdikleri ağır metal ve zehirli maddelerin yüzey ve yeraltı suları için oluşturdukları tehlike insan yaşamı ile yakından ilgilidir.

Çorlu atık depolama alanının deprem sırasındaki davranışı, nümerik modeller yardımıyla analiz edilmiştir. Böylelikle, Çorlu çöp alanının farklı büyüklükteki depremler sırasındaki davranışının sonlu eleman modelleri ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmalardan elde edilen analiz sonuçları verilerek karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu çalışmayla; yaklaşık, 0.25 g'lik pik ivme büyüklüğe sahip olası bir depremde, Çorlu çöp alanının stabilitesini (güvenilirliğini) koruyamayacağı anlaşılmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada yazarlar, Plaxis programının kullanımı hususundaki yardımlarından dolayı Doç. Dr. Tuğrul ÖZKAN'a (İ.T.Ü) teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

Demirtaş, N. (2009). Çorlu İlçesi Eski ve Yeni Düzensiz (Vahşi) Çöp Depolama Alanlarının BOİ5/KOİ Oranlarının Zamanla Değişiminin İncelenmesi ve Ağır Metal Salınımlarının Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Çevre Müh. Bölümü, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Edinçliler, A., Baykal, G., Erdik, M. ve Mowrtage, W. (2007). Katı Atık Depolama Sahalarının Deprem Sırasındaki Davranışının Modellenmesi. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 675-686.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği.(1991). 14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazete.

Meriç-Ergene Havzası Koruma Eylem Planı. (2008).T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.

Seco e Pinto, P., Vieira, A., Mendonça, A., Lopes, L. (1999).Earthquake Geotechnical Engineering, Balkema, Rotherdam.

Shan, H., Fan, T. (2009). Proc. of Int. Symp. on Geoenvironmental Eng. ISGE 2009,Hangzhou, China, 590-595.

Tekirdağ İl Çevre Durum Raporu, (2010).Tekirdağ Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü.

Tınmaz, E, (2002). Çorlu İlçesi İçin Entegre Katı Atık Yönetimi Araştırması, Yüksek Lisans Tezi, Çevre Müh. Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.