

GEBZE SINIRLARI DAHİLİNDE YER ALAN DEPONİ ALANININ JEOLJİK, JEOFİZİK ve JEOTEKNİK YÖNTEMLERLE ARAŞTIRMASI

Geological, Geophysical and Geotechnical Investigation of Landfill Located within the Boundaries of Gebze

Ali BOZKURT¹ ve Cengiz KURTULUŞ²

ÖZET

İnceleme alanında zeminin düşey yöndeki değişimini ve mühendislik jeolojisi özelliklerini belirlemek amacıyla toplam derinliği 225.00 m olan 15 adet temel sondajı açılmıştır. Zeminin dinamik fiziksel ve elastiki parametrelerin bulunması amacı ile 15 profil boyunca sismik kırılma ve rezistivite çalışması yapılmıştır. Aşırı ayrışmış (W4) kesimler dışında izin verilebilir taşıma gücü; $q_{emn} = 1.90 \text{ kg / cm}^2$ olarak hesaplanmıştır. Zemin Hakim Titreşim Periyodu $T_0 = 0.59-0.86 \text{ sn}$, zemin grubu olarak (B), Spektrum karakteristik Periyotları bakımından $T_A = 0.15 - T_B = 0.40 \text{ (s)}$; Yerel Zemin sınıfı Z-2 olarak belirlenmiştir. Yapılan şev stabilize analizinde mevcut durum itibariyle inceleme alanı heyelan tehlikesi açısından risk taşımaktadır. Bu riski engellemek için inceleme alanında teraslama ile birlikte 40.00 metre uzunluğunda ve 0.40 metre çapındaki kazıkların üzerine istinat yapıları önerilmiştir.

ABSTRACT

In order to figure out the variation of vertical soil sequence and to determine the engineering parameters in the investigation area, 15 foundation bore-holes of 225 m total depth were drilled. Seismic and resistivity surveys were performed to determine the dynamic elastic parameters of the soil along 15 profiles. The dominant soil period was determined between $T_0 = 0.59-0.86 \text{ s}$, soil group (B), characteristic periods $T_A = 0.15 - T_B = 0.40$, and soil class Z-2 were figured out. The slope stabilization analysis indicates that the investigation area is at risk for landslide hazard. In order to prevent this risk, the construction of retaining wall on 40m long and 0.40m diameter piles were recommended.

GİRİŞ

Son yıllarda deponi alanlarından kaynaklanan problemler önemli çevresel sorunları oluşturmaktadır. Nüfus artışına, kentleşmeye ve sanayi faaliyetlerine paralel olarak kişi başına üretilen katı atık miktarı günden güne artmakta ve bu artan katı atıkların depolanacağı alanların araştırılması büyük önem arz etmektedir. Jeofizik metodlar yerin mühendislik jeolojisini belirlemek ve jeoteknik verileri desteklemek amacıyla son yıllarda geniş olarak uygulanmaktadır. Kayaçların dinamik özelliklerinin belirlenmesi için sismik metodlar hem arazide hem de laboratuarda geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Jeofizik metodlar temeller için zemin araştırmasının yanında baraj, tünel, yol ve kirlilik araştırmalarına kadar geniş bir alanda kullanılmaktadır. (Klimis ve diğ.,1999; Luna ve Jadi, 2000;

¹ ABM Mühendislik, Araştırma Bilgi Merkezi, İzmit-KOCAELİ.
e-mail: alibozkurt@abmjeo.com

² Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Bl. Umuttepe Yerleşkesi İZMİT-KOCAELİ.
e-mail: cengizk@kocaeli.edu.tr

Otham, 2005; Savvaidis ve diğ., 1999; Soupios ve diğ.,2005; Vankateswrar ve diğ.,2004) jeolojik yapıların araştırılmasında ve kayaçların fiziksel parametrelerinin hesaplanmasında jeofizik metotları kullanmışlardır. Yapıların deprem dalgaları karşısındaki davranışı, temellerin oturtulacağı zeminin mühendislik özellikleri, olası hasar tahmini son zamanlarda üzerinde durulan konulardır (Delgado ve diğ.,2000a,2000b; Seht Maltefs-von ve Wohlenberg, 1999; Parolai ve diğ.,2001, 2002; Delgado ve diğ., 2002). Jeofizik metotlarla yeraltı yapısı hakkında elde edilen fiziksel veriler, yapılar üzerinde risk tayinin ve risk azalımının belirlenmesinde büyük rol oynamaktadır.

Deponi alanların jeolojik, jeofizik ve jeoteknik yöntemlerle araştırılması, olası bir yer sarsıntısında yapılar üzerindeki hasarlara neden olacak faktörlerin belirlenmesine ve daha güvenli yapıların inşasına olanak sağlayacaktır.

İnceleme alanının yeri

İnceleme alanı; Kocaeli İli, Gebze Belediyesi, Kirazpınar Mevkii sınırları dahilindeki eski çöp depolama sahasının Pelitli Köyü mezarlığına bakan kuzeydoğu kısmındaki vadiye ve dereye doğru kaymanın olduğu alanı içermektedir (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanının lokasyon haritası

Figure 1. Location map of the investigation area

Jeoloji

Genel Jeoloji

Gebze civarında Tersiyer - Kuvaterner yaşlı gevşek tortullar tarafından açılal uyumsuzlukla üstte Paleozoyik yaşlı istif yer alır. İstif tabanda Ordovisiyen yaşlı birimlerle başlayıp Siluriyen ve

Devoniyen yaşlı birimlerle devam eder. Alt Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonu ile son bulan Paleozoyik istifin üstünde açısız diskordansla gelen üst Kratese (Maestrihtiyen) yaşlı Killi kireçtaşından oluşmuş Şemsettin formasyonu bulunur.

Kurtköy Formasyonu (Ok)

Genel olarak mor renkli çakıtaşı, kumtaşı ve çamurtaşlarından veya bunların ardışıklarından oluşmuştur. Bütün özelliklerinin görüldüğü bir tip kesit mevcut değildir. Gebze'nin Kuzeybatı kesiminde geniş bir yayılım gösteren birim en iyi mostralarını Gaziler Tepesinin doğusunda, Beylik Dağının batısında, Küçük beylik dağının kuzeyinde, Mudurnu Tepesinin kuzeyinde, Yumrukaya deresi ve Sarp deresi boyunca vermiştir. Kurtköy Formasyonu ile üzerindeki Aydos Formasyonu arasında bazı bölgelerde merceksel geometri, baskın olarak kuvars çakıllarından yapılmış, çakıtaşıları mevcuttur. Birimin alt sınırı İstanbul çevresinde görülmez. Üstten Aydos Formasyonu ile tedrici geçişlidir.

Aydos Formasyonu (Oa)

Genellikle beyazımsı, pembemsi gri, krem renğinde gözlenen ve kuvarsarenitlerden oluşan bu çökeller aşınmaya dayanımlı olması nedeniyle bölgenin önemli yükseltilerini oluşturmuştur. Gebze civarında Mudurnu Tepesi, Küçük Beylik Dağı, Gaziler Tepesi ve Baklacık Tepesi hattı boyunca gözlenen birim bu hat boyunca tipik mostralarını vermektedir. Maksimum kalınlığı 300 – 310 metre olan Aydos Formasyonu'nun genelde geometrisi örtü şeklindedir. Kurtköy ve üstteki Gözdağı Formasyonları'yla sınırları tedrici geçişlidir. Orta Ordovisiyen - Landoveriyen yaşlı Gözdağ Formasyonu'nun uyumlu olarak altında bulunması nedeniyle Formasyon Ordovisiyen yaşlıdır.

Gözdağ Formasyonu (Sg)

Bu formasyon, laminalı şeyller ile onlar üzerinde kuvarsit mercekli şeyllerden oluşur. Genellikle grimsi yeşil, boz ve kahve renklerde inceden kalına doğru değişen silisli ve mikalı şeyl ve grovaplardan oluşmuştur. Gebze civarında Küçük Beylik dağının güneydoğusunda, Balıçık Tepesinin doğusunda, Gaziler tepesinde doğusunda tipik mostralar vermektedir. Formasyon Aydos Formasyonu üzerinde uyumlu ve tedrici geçişle başlar. Formasyon üstteki Dolayoba Formasyonu'na yanal ve düşey yönde geçer.

Dolayoba Formasyonu (Sd)

Gözdağ Formasyonu'nun kuvars arenit mercekli şeylleri ile girik, koyu mavi-mavimsi koyu gri renklerde ve çeşitli karbonat fasiyeslerinden oluşan bu birim literatürde çeşitli adlar altında incelenmiş, litostratigrafik birimleme açısından Önalın (1982) tarafından "Dolayoba Formasyonu" olarak adlandırılmıştır. Formasyonun yaşı Silüriyendir. Genellikle sarımsı gri, mavi ve pembe renklerde, bol fosilli, resifal kireçtaşlarından oluşmuştur. Biyolit, Biyoklastik kireçtaşı, kireçtaşı, kireçtaşı - şeyl ardalanması şeklindedir. Gebze civarında Küçük Beylik dağının güneydoğusunda, Gaziler tepesinin doğusunda ve Baklacık Tepenin doğusunda tipik mostralar vermektedir.

Sedefadası Formasyonu (Ds)

Dolayoba Formasyonu içinde bu fasiyes üzerinde ince paralel laminalı koyu mavimsi gri mikrit ve ince pembemsi renkli laminalı çamurtaşı ardışımından oluşan, dalga taban altı ve düşük enerjili platform içi derin çukurluk koşullarını yansıtan bir fasiyes olup, Devoniyen yaştaadır.

İstinye Formasyonu (Di)

Devoniyen yaşta olan bu formasyon, koyu mavi ve siyahımsı gri renkli, bol sparit damarlı, seyrek fosilli bazen çok ince şeylli seviyeler kapsayan karbonatlı çamurtaşı, karbonatlı vake taşlarından oluşmuştur. Gebze civarında Çakal Deresi boyunca, Öksüzısıratan deresi ve Karagülle deresinde tipik mostralalar vermektedir. İstinye Formasyonu için yaklaşık 100m kalınlık kabul edilmektedir. Birim altta Sedefadası Formasyonu, üstte Kartal Formasyonu ile konkordan ilişkilidir.

Kartal Formasyonu (Dk)

Genellikle grinin muhtelif tonları, sarımsı kahverengi, okside olmuş birimler pas rengi ile koyu kahverengi, bol fosilli, genellikle grovak ve şeyl araldanmasından oluşan birim içerisinde bazen ince bantlar ve mercekler halinde kireçtaşları da bulunmaktadır. Şeyller iyi yarılma özellikli genelde silt boyutlu kuvars, feldispat ve mikalidir. Mostraların üst kesimlerinde yerel olarak metrelerce kalınlıkta altere zonlar mevcuttur. Su aldıklarında kolaylıkla çamur haline gelebilmektedir. Kumtaşı ara tabakalarının genellikle alt yüzleri keskin, içleri paralel ve mikroçapraz, bazen de konvolut laminalıdır. İnce orta kum boyutlu kuvars, feldispat ve serizit-muskovit türü mikalar başlıca taş yapıcı minerallerdir. Bunlar matriks ile tutturulmuştur. Matriks içinde çörtleşme, serizit iğneleri ve illit bileşimli kil minerali gelişmeleri yaygındır. Bu formasyon dalga tabanı altındaki düşük enerjili ve açık-derin denizel koşullarda çöklemiştir. Şeyller süspansiyondan, kaba kırıntılarda türbit akıntılarla ortama getirilmişlerdir. Formasyonun alt ve üs sınırları uyumlu ve diğer geçiş tedricidir. Geometrisi de genelde örtü şeklindedir. Bu birimin yaşı Alt - Orta Devoniyen'dir.

Tuzla Formasyonu (Dt)

Kartal Formasyonu içindeki kırıntılı kireçtaşı ara tabakalarının kalınlaşması ve sayıca artması, şeyllerin de giderek yok olmasıyla sarımsı mavimsi gri masif kireçtaşlarına geçilir. Bu kireçtaşları birimin üstüne doğru ince ardışımı mikritik kireçtaşı alacalısarımsı kahve şeyl ardışımı haline gelir. Bu istif Önalın (1982) tarafında Tuzla Formasyonu olarak ayrıtlanmıştır. Genel olarak mavimsi gri renkli kireçtaşı, kahverengimsi şeyl, pembemsi alacalı şeyl ve yumrulu bantlı kiretaşlarından oluşmuştur. Genel olarak örtü şeklinde bir geometriye sahip olan formasyon alt ve üstteki birimlerle tedrici geçişlidir. Gebze'nin güneyinde E-5 karayolu yarmalarında, Arapçesme deresinde ve Değirmenderesi boyunca tipik mostralalar vermektedir. Yaşı Orta-Üst Devoniyen (Eiffeliyen – Fameniyen) dir.

Trakya Formasyonu (Kt)

Alt Karbonifer yaşlı olan formasyon genelde ince tabakalı ve paralel laminalı şeyllerden oluşmuştur. Bunlar içinde değişik stratigrafik düzeylerde ve lokalitelerde sarımsı kahverengi kumtaşı, çakıllı kumtaşı ve mercekli çakıltası ara tabakaları bulunmaktadır. Bunların alt tabakalaşma yüzeyleri keskin, aşınmalı ve üzerlerinde oygu-dolgu ve alev izleri türünde taban yapıları ile iz fosiller bulunur. İçlerinde Bouma istifine ait dereceli tabakalaşma, paralel, mikroçapraz ve konvolut laminasyon ile

üst paralel laminasyon zonları yaygın olarak izlenir. Üstten şöyle geçiş tedricidir. Bu özellikler kumtaşı ara tabakalarının türbit akıntılar gibi yoğunluk akıntılarıyla çökeldiklerini göstermektedir. Türbiditlerin üst yüzeylerinde linguoidripillar yaygındır. Gebze civarında Arap deresinde, Tombul deresinde, Yel Değirmeni tepesinde, Ağaçalı deresinde tipik mostralar vermektedir.

Kapaklı Formasyonu (TRk)

Bu formasyon Altınlı ve Diğerleri (1970) tarafından Kapaklı Formasyonu olarak adlanmış ve ayırtlanmıştır. Formasyonun yaşı Alt Triyas olarak kabul edilmiştir. Kapaklı Formasyonu; altta koyu şeyllerle başlar, kırmızı renkli çakıllı kumtaşları ve arkozik konglomeralarla devam eder, en üstte mikalı kumtaşları ile son bulur. Çoğu kesimlerde kumtaşı - şeyl ardalanması görülür. Gebze civarında Ahmet Ağa pınarı sırtı, Şemsi tepe, Anibal tepe, Arabacı alçağı deresi ve Ağaçalı deresinde tipik mostralar vermektedir. Bu formasyon farklı kalınlıklar göstermekle birlikte 800 – 1000 metre kalınlık kabul edilmektedir.

Hereke Formasyonu (TRh)

Bu istifin kızıl renkli, kısmen karasal kısmen de kıvrıntılı kıyı koşullarında çökelmiş çakıltaşı – kumtaşı - çamurtaşı şeklindeki taban birimi Hereke Pudingi (Hpf) (Erguvanlı, 1949) veya Hereke çakıltaşı (Altınlı ve diğ.,1970) olarak adlandırılmıştır. Hereke Pudingi merceksel geometri ve tip yeri olan Hereke çevresinde 75 metre kalınlıklıdır.

Şemsettin Formasyonu (KRs)

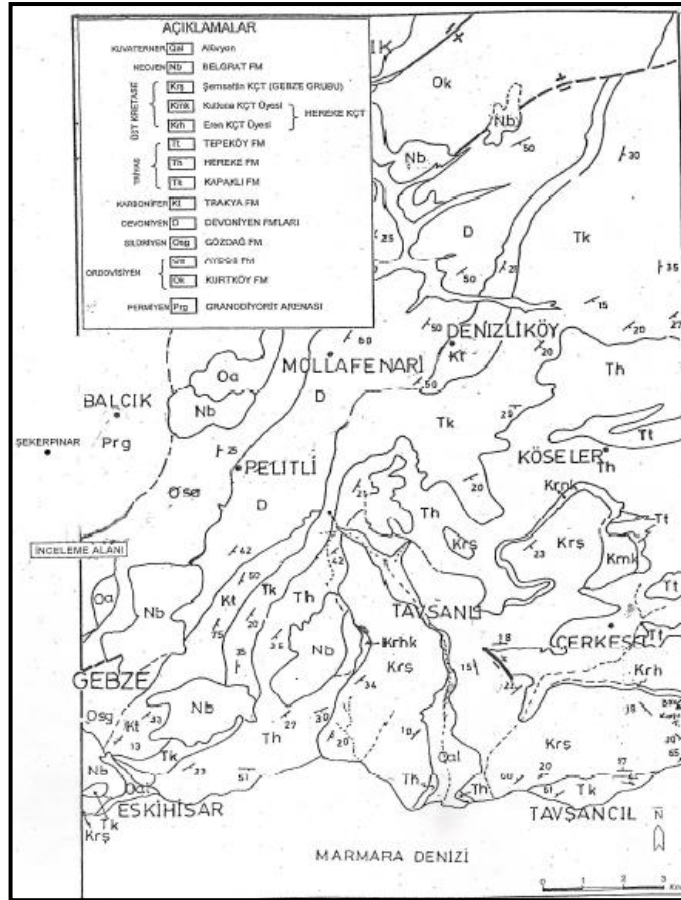
Altınlı (1968) tarafından tanımlanmıştır. Bol fosilli birimin yaşını Altınlı (1968) Meastrihtiyen olarak belirlemişlerdir. Beyaz, krem, açık gri, koyu gri renklerde görülür. Kavkımsı kırıklı genellikle belirgin orta paralel katmanlıdır. Bu birim tabanda kristalize kireçtaşı ile başlar ve mikritik kiretaşı ile devam eder. İlk seviyelerde litolojik özellikler çabuk değişim gösterir. Şemsettin Kireçtaşı, Devoniyen üzerinde köşeli kireçtaşı ile başlar. Üste doğru tebeşirli ve marnlı olan kireçtaşı arasında marn katkıları belirir. Tipik olarak ince dokulu Kireçtaşının tabanında yoğun biostromal Transgresif ve bol makro fosilli tabakalar bulunur.

Belgrad Formasyonu (Tb)

Bu formasyon Eroskay (1978) ve Önalın(1982) tarafından Belgrad Formasyonu olarak adlandırılmış olup, yaşı Tersiyerdir. Belgrad Formasyonu litolojik olarak iki ayrı özellikte görülür. Değişik boyda (0.5 – 25 cm), yoğun küt köşeli, polijenik, kötü boylanmış kuvars çakılları ile kumlar ve killerden oluşmuş, kızılımsı-sarımsı renkli olan birim, bazen düzenli belirgin tabakalı, bazen de masifimsi ve düzensiz bir halde gözlenmiştir. Açık sarımsı - boz, bazen beyazımsı, kırmızımsı alacalı renkte ve gevşek tutturulmuş, ince taneli ve bol killi – siltlidir. Gebze civarında geniş alanlar kaplayan bu formasyon kil, silt, kum ve çakılın muhtelif karışımlarından oluşmuş olup, formasyonda kil içeriği egemendir. Belgrad Formasyonu Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler üzerine açısız uyumsuzlukla gelmiş olup, bu birimleri örter niteliktedir.

Alüvyon (Qal)

Alüvyonlar derelerin denize döküldüğü yerlerde, teşekkül etmiştir. Materyal derelerin geçtiği yerlerde aşındırdığı taşların münavebe ile çakıl, kum, kil olarak yığılmasından oluşmuştur. Gebze civarında Çakaldere, Çamaşırdere, Değirmendere ve Eskihisar deresinde muhtelif yayılım ve kalınlıklar sunar. İnceleme alanı ve yakın çevresinde Kartal Formasyonu'na ait birimler tespit edilmiştir.



Şekil 2. Bölgenin genel jeoloji haritası
Figure 2. General geology of the area

ARAZİ ARASTIRMALARI VE DENEYLER

Temel Araştırma Sondajı Çalışmaları

İnceleme alanında zemin profilini ve zeminlerin litolojik özelliklerini, düşey doğrultudaki değişimlerini ve yeraltı suyu durumu ile mühendislik parametreleri gibi bilgileri belirleme amacına yönelik olarak toplam derinliği yaklaşık 225.00 metre olan 15 adet temel araştırma sondajı açılmıştır. Sondaj çalışmaları ASTM ve TSE standartları ile TCK Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı'nın zemin işlerine ait Teknik Şartnamesi'ne uygun olarak yapılmıştır. Açılan temel araştırma sondajında düzenli numune alınarak yapı zemin ilişkisi yorumlanmaya çalışılmıştır. Kaya

noktalarından en küçük kareler yöntemiyle doğrular geçirilmiştir. Bu doğruların ilk kırılma noktalarına %90–95 uyduğu saptanmıştır. Dolayısı ile tabakalara ait hızlar bu doğruların eğimlerinden % 90–95 doğrulukla saptanmıştır. İnceleme alanında yapılan ölçümlerde elde edilen V_p ve V_s hız değerleri ve bu hız değerlerine bağlı olarak her tabaka için hesaplanan zemin dinamik elastik parametreleri; yoğunluk (d), Young Modülü (E), Poisson Oranı (ν), Bulk Modülü (K), Yataklanma Katsayısı (Ks), Zemin Hakim Titreşim Peryodu (T_0) ve Zemin Büyütmesi (a) aşağıda Tablo 1 de verilmiştir (Kurtuluş, 2000; Tezcan ve diğ., 2006).

Tablo 1. İnceleme alanında sismik hızlardan hesaplanan dinamik elastik parametreleri
Table 1. Dynamic elastic parameters computed using P and S velocities

Serim No	Tabaka	V_p (m/s)	V_s (m/s)	ρ (gr/cm ³)	E (kg/cm ²)	σ	K (kg/cm ²)	Ks (ton/m ³)	Büyütme	T_0 (Sn)
Sis1-15	1	116-364	45-143	1.62-1.67	98-961	0.41	174-1762	271-877	1.7-2.5	0.59-0.86
	2	559-1448	243-630	1.71-1.89	2798-20723	0.38	4001-29633	1378-3940		

İnceleme alanında yapılan Jeofizik Sismik Kırılma çalışmaları sonucu V_p/V_s oranı 2.25 - 2.35 arasında ve poisson oranı 0.38-0.41 arasında bulunmuştur. Bu değerler Tablo 2'ye göre (Ercan, 2001) değerlendirildiğinde zemin sıklığı “**gevşek**” olarak bulunmuştur.

Tablo 2. Poisson sınıflaması ve hız oranı karşılaştırması (Ercan, 2001)
Table 2. Poisson classification and velocity ratio comparison (Ercan, 2001)

POISSON ORANI	SIKILIK	V_p/V_s
0.50	CIVIK SIVI	∞
0.40 - 0.49	ÇOK GEVŞEK	$\infty - 2.49$
0.30 - 0.39	GEVSEK	2.49 - 1.87
0.20 - 0.29	SIKI - KATI	1.87 - 1.71
0.10 - 0.19	KATI	1.71 - 1.50
0.00 - 0.09	SAĞLAM KAYA	1.50 - 1.41

Yapılan Sismik Kırılma çalışması sonucu elde edilen V_p ve V_s hızları Tablo 3'e göre değerlendirildiğinde Yerel Zemin Sınıfı Z-2 olarak bulunur.

Jeofizik ölçümlerle elde edilen S - dalgası hız profil değerleri kullanarak zemin sınıf bilgisinin oluşturulması için çeşitli sınıflama kriterleri mevcuttur. NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Programme) zemin sınıflama kriterleri A.B.D' Jeoteknik ve inşaat mühendisliği alanında yeni yapılan inşaatların sismik dizaynında kullanılan zemin sınıflama kriteridir. NEHRP'e göre zemin sınıfı, S – dalga hızının 30 m derinliğe kadar olan ortalama hızına (V_{s30}) dayanma olup, Tablo 4. te verilmiştir.

Tablo 3. Deprem yönetmeliğine göre zemin sınıflaması
Table 3. Soil classification according to Earthquake regulation

Deprem Yönetmeliğine Göre Yerel Zemin Sınıflaması		Vs (m/sn)	Ta - Tb (sn)	Vp/Vs	Gs (kg / cm ²)	Ed (kg / cm ²)	q _s (kg/cm ²)
Z1	Çok Sıkı Zemin	> 700	0.10-0.30	1.5 - 2.0	> 10 000	> 30 000	10 - 100
Z2	Sıkı - Katı	400 - 700	0.15 – 0.40	2.0 - 2.5	3000 - 10 000	10 000-30 000	3 - 10
Z3	Orta Sıkı-Bozuşmuş	200- 400	0.15 – 0.60	2.5 - 3.0	600 - 3 000	1 700 - 10 000	1 - 3
Z4	Gevşek-Yumuşak	< 200	0.20-0.90	3.0-10.0	< 600	< 1 700	< 1

$$Vs_{30} = 30 / [(h_1 / Vs_1) + ((30 - h_2) / Vs_2)]$$

$$Vs_{30} = 30 / [(10.52 / 124) + ((30 - 10.52) / 630)]$$

$$Vs_{30} = 259 \text{ m / sn}$$

olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4. NEHRP' ye Göre Zemin Sınıflama Kriteri
Table 4. Soil classification according to NEHRP

Nehrp Zemin Sınıfı	Tanımlama	30 m Derinliğe Kadar Ortalama S - Dalga Hızı
A	Sert Ana Kaya	> 1500 m / sn
B	Sağlam, Dayanıklı İle Sert Kaya Arası Birimler	760 - 1500 m / sn
C	Yoğun Toprak, Yumuşak Kaya	360 - 760 m / sn
D	Sert Toprak	180 - 360 m / sn
E	Yumuşak Killer	< 180 m / sn

NEHRP kriterlerine göre zeminler Vs 30 ortalama değerine göre, A ile F sınıfı arasında 6 sınıfa ayrılmıştır. NEHRP'e göre en yüksek kalitedeki A tipi zemin, Vs30 hızı 1500 m / sn veya daha yüksek olan, en düşük kalitedeki E tipi zemin Vs30 hızı 180 m / sn veya daha düşük olan zeminler olarak tanımlanmıştır. F sınıfı zeminler ise, kalınlığı 36 metreden daha fazla olan ve Vs hızı < 180 m / sn olan zeminlerdir. İnceleme alanında yapılan sismik çalışmalarda II. Tabaka için S hızı Vs30 = 259 m / sn olarak bulunduğundan inceleme alanında zemin sınıfı D olarak değerlendirilmiştir.

İnceleme Alanında Yer Alan Birimlerin Sökülebilirlik ve Kazılabilirlik Özellikleri

İnceleme alanı içerisinde yüzeyleyen ve sismik çalışmaların nüfuz ettiği derinliklerde tespit edilen ortamlarda yapılacak olan kazılarda uygulanacak teknikler ve kazı tiplerinde farklılık yoktur. Sismik hızlardan V_p dalga hızı çözümlemesinden yararlanılarak A.D. Bailey sınıflamasına göre sökülebilirlik analizi yapılmıştır. A.D. Bailey sınıflamasına göre (Tablo 5, 6);

Tablo 5. Orta güçteki sökücü araçlar için A.D. Bailey Sınıflaması
Table 5. A.D. Bailey classification for medium remover tools

Orta Güçteki Sökücü Araçlar İçin	
V_p Hızı	Sökülme Derecesi
500 - 1000 m / sn	Kolay Sökülebilir Ortam
1000 - 1500 m / sn	Orta Derecede Sökülebilir Ortam
1500 - 2000 m / sn	Güç Sökülebilir Ortam

Tablo 6. Ağır güçteki sökücü araçlar için A.D. Bailey Sınıflaması
Table 6. A.D. Bailey classification for heavy remover tools

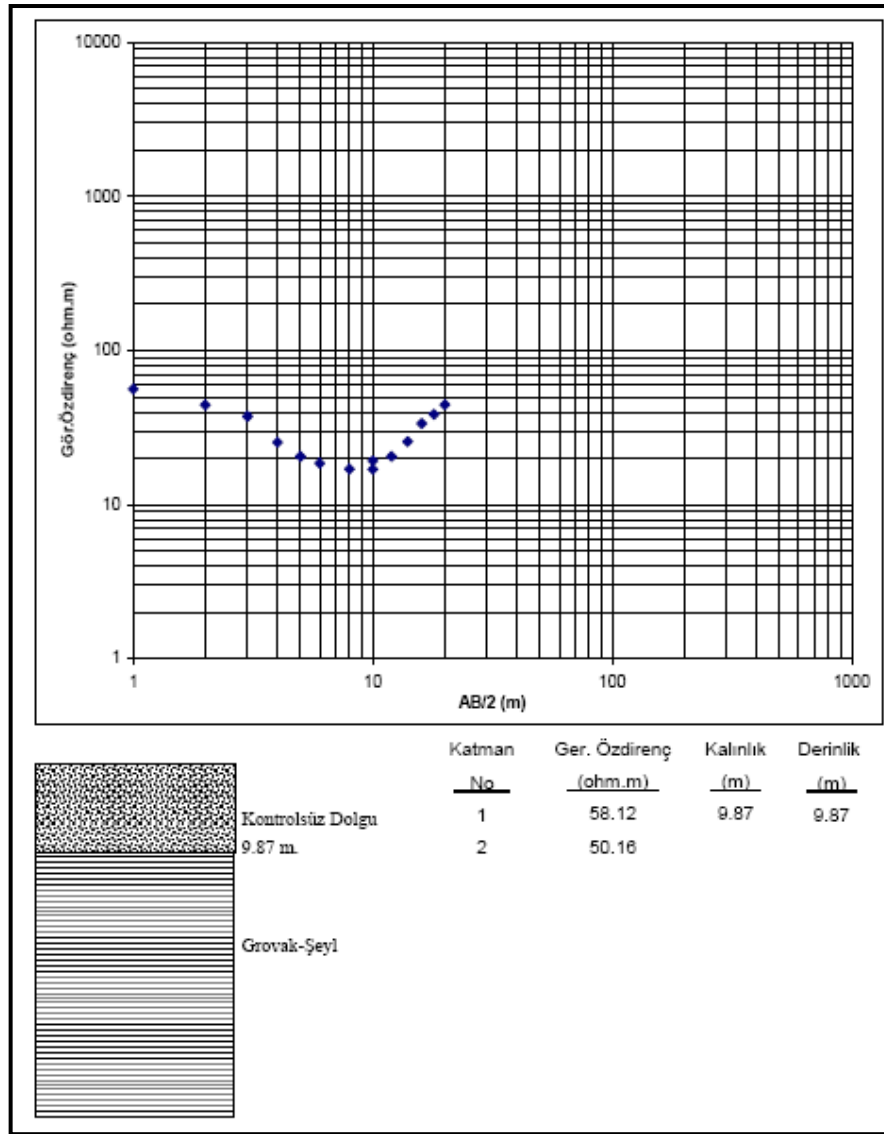
Ağır Güçteki Sökücü Araçlar İçin	
V_p Hızı	Sökülme Derecesi
350 -670 m / sn	Çok Kolay Sökülebilir Ortam
670 - 1000 m / sn	Kolay Sökülebilir Ortam
1000 - 1700 m / sn	Orta Sökülebilir Ortam
1700 - 2300 m / sn	Zor Sökülebilir Ortam
2300 - 2700 m / sn	Çok Zor Sökülebilir Ortam
2700 - 3000 m / sn	Son Derece Zor Sökülebilir Ortam

İnceleme alanında gerçekleştirilen sismik çalışmalar sonucunda tespit edilen tabakalar ve bu tabakalara ait ortalama sismik hızlar ile sökülebilirlik özellikleri şöyle tespit edilmiştir.

Tab. No	Tab.Kalınlığı	V_p Hızı	Sökücü Tipi	sökülme Derecesi
1	0.51-11.06 m	116-364 m/sn	Orta Güçte İş makinesi	çok Kolay
2		559-1448 m/sn	Ağır Güçte İş Makinası	Orta

Rezistivite - Özdirenç Çalışmaları

İnceleme alanında stratigrafikasyon, yeraltı suyu ve taban kaya derinliğine yönelik olarak jeoelektrik özdirenç çalışması yapılmıştır. Bu uygulamada maksimum 450 volt potansiyele haiz GEOTRON tipi digital çıkışlı sığ rezistivite cihazı kullanılarak Schlumberger dizilim sisteminde 10 metre derinlere nüfuz eden düşey elektrik sondaj ölçüleri alınmıştır. Arazi eğrilerini değerlendirmek için bilgisayar destekli çözüm yöntemi kullanılmıştır. Jeofizik değerlendirme sonucu hazırlanan Jeofizik – Rezistivite düşey kesitlerinden görüleceği gibi üstte değişken kalınlıklı ve değişken karakterli bir nebati topraktan sonra formasyonların değişik fiziksel özellikli olduğu saptanmıştır (Şekil 5). Jeofizik Rezistivite düşey kesitlerinde görülen rezistivite değerleri (44.15-98.42 ohm.m...) ince taneli killi ve killi hakim malzemeli formasyonlara dolayısıyla da yer altı suyu olanakları açısından zayıf kısımlara, yüksek özdirenç değerli (45.71-82.16 ohm.m....) ise kaya (şeyl) seviyelerine tekabül etmektedir.



Şekil 5. Örnek bir özdirenç elektrosu ve yorumlanmış derinlik kesiti
Figure 5. A sample resistivity electro and interpreted crosssection

LABORATUAR DENEYLERİ VE ANALİZLER

Laboratuar Deneyleri

Yapı temelinin oturduğu ortamın fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için temsili kaya ortamı numuneleri üzerinde çeşitli kaya mekaniği deneyleri yapılmıştır. İnceleme alanında açılan temel araştırma sondajından alınan kaya örnekleri üzerinde Nokta Yük Dayanım İndeksi Deneyi yapılmıştır. SK-4 kuyusunda alınan örneklerin nokta yük dayanım indeks değerleri Tablo 7’ de verilmektedir. İnceleme alanında açılan temel araştırma sondajından alınan kaya örnekleri üzerinde yapılan nokta yükleme deneylerinde ortalama $Is_{50} = 6.32 \text{ kg/cm}^2$ bulunmuştur.

Tablo 7. SK-4 kuyusuna ait nokta yük dayanım indeks analiz değerleri
Table 7. Point load index analysis data of the samples collected from bore-hole SK-4

Örnek no	Örneklem aralığı (m)	Yenilme yükü P(kN)	Is(50) (MPa)	Is(50) (kg/cm ²)	Kayaç cinsi
SK-4	11.78	3.3	0.77	7.82	Grovak
SK-4	12	3.0	0.70	7.11	Grovak
SK-4	12.35	1.9	0.44	4.50	Şeyl
SK-4	12.55	2.2	0.51	5.21	Grovak
SK-4	12.85	1.8	0.42	4.26	Şeyl
SK-4	13.10	2.0	0.46	4.74	Şeyl
SK-4	13.45	2.9	0.67	6.87	Grovak
SK-4	13.90	3.5	0.81	8.29	Grovak
SK-4	14.50	3.2	0.74	7.58	Grovak
SK-4	15	2.9	0.67	6.87	Grovak
			Ortalama	6.32	

Kaya Türlerinin Jeoteknik Özellikleri

İnceleme alanında toplam derinliği 225.00 m olan 15adet temel araştırma sondaj çalışması yapılmıştır. Temel araştırma sondaj çalışmalarında yüzeyden itibaren 10.40-12.10 m derinliklere kadar çöplerden oluşan dolgu seviyesi geçilmiştir. Bu dolgu seviyesi devamında temel araştırma kuyu sonları olan 15.00 m derinliğe kadar sarımsı kahve renkli bol kırıklı çatlaklı grovak-şeyl birimi geçilmiştir.

Laboratuarda yapılan nokta yükleme deneylerinde emniyetli taşıma gücü $4.12-5.29 \text{ kg/cm}^2$ ve olarak hesaplanmıştır.

İnceleme alanında kaya ortamı için bölgenin deprenselliği, morfolojisi ve formasyona ait birimlerin çatlak sistemlerinin gelişmiş olması, ayrışma derecesinin yüzeye yakın yerlerde W_3 yer yer W_4 olması gibi parametreler dikkate alındığında aşırı ayrışmış (W_4) kesimler dışında izin verilebilir taşıma gücü $q_{emn} = 1.90 \text{ kg/cm}^2$ arasında seçilmesi uygun görülmüştür.

MÜHENDİSLİK ANALİZLERİ VE DEĞERLENDİRMELER

Bina - Zemin İlişkisinin İrdelenmesi

Betonarme binalar rijitliklerine göre beş gruba ayrılmıştır. Binanın hangi gruba girdiği ve grup intervali içinde hangi ‘c’ katsayısına sahip olduğu, göz önüne alınan doğrultudaki perde ve/veya rijit dolgu duvarı miktarının plan alanına oranının fonksiyonudur; ‘Yapı - Yer Uyumu’ yapıda gereksiz ‘zonlanma’ların oluşmasını daha işin basında önlemeye yönelik olarak, birtakım basitleştirmelerle, “yapı doğal periyodunun yerin baskın periyod bölgesinden uzak kılınması”na indirgenebilir. Yeterli uzaklaşmanın kriteri olarak da “yapı periyodunun, yer baskın periyod değerinin $1.0/1.5 = 0.67$ ’ si ile 1.5 katı arasındaki bölgede bulunmaması” koşulu ileriye sürülmektedir. Çok - katlı betonarme binaların rijitlik gruplarına göre tanımları ve doğal periyod formülünde kullanılacak c katsayıları 0.045-0.069 arasında değişmektedir (Tablo 8).

Tablo 8. Çok - katlı betonarme binaların rijitlik gruplarına göre tanımları ve doğal periyod formülünde kullanılacak c katsayıları

Table 8. Definition of multi floors concrete construction according to rigidity groups and c coefficients being used in natural period equation

GRUP NO	BİNA STRÜKTÜRÜNÜN RİJİTLİK TANIMI	C KATSAYISI
I	Kalın, sık ve birbiriyle kesişen betonarme perdeler, (varsa) bunlara ilaveten az sayıda kolon	0.020 – 0.029
II	Kalınca kolon ve kirişlere ilaveten sıkça betonarme perdeler ya da rijit dolgu duvarları	0.030 – 0.044
III	Normal aralıklı, normal boyutta kolon ve kirişlere ilaveten normal aralıklı betonarme perde ya da rijit dolgu duvarları	0.045 – 0.069
IV	Normal aralıklı, normal-ince arası kolon ve kirişlere ilaveten seyrek betonarme perde ya da rijit dolgu duvarı	0.070 – 0.089
V	Geniş aralıklı, ince kolon ve kirişler veya asmolen döşemeye ilaveten minimuma yakın perde ya da rijit dolgu duvarı	0.090 – 0.130

Baskın periyodu $1/1.5$ ve 1.5 katsayıları ile çarpılarak, ‘yapı doğal periyodları’ nın yer almaması gereken ‘amplifikasyon bölgesi’ nin; $T_0 = 0.59-0.86$ sn için;

$$T_{01} = 0.67 * 0.59-0.86 = 0.395-0.576 \text{ sn}$$

$$T_{02} = 1.50 * 0.59-0.86 = 0.885-1.29 \text{ sn}$$

arasında olduğu bulunmuştur.

Zemin ve Kaya Türlerinin Değerlendirilmesi

Zemin Türlerinin Sınıflandırılması

Kartal Formasyonu'na ait birimler tespit edildiği inceleme alanında toplam derinliği 225.00 metre 15adet temel araştırma sondaj açılmıştır. Temel araştırma sondaj çalışmalarında yüzeyden itibaren 10.40-12.10 metre derinliklerine kadar çöplerden oluşan dolgu seviyesi geçilmiştir. Bu dolgu seviyesi devamından temel araştırma kuyu sonları olan 15.00 metre derinliğe kadar sarımsı kahverenkli bol kırıklı çatlaklı grovak-şeyl birimi geçilmiştir. Şeyl birimindeki bu ayrışma ve süreksizlik düzlemleri göz önüne alındığında ve Tablo 9'a göre değerlendirildiğinde birimin ayrışma derecesi "Orta Derecede Ayrışmış – W₃" olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanı, "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" (DBYBHY) 2007 yılı yönetmeliği ve elde edilen bulgular neticesinde Tablo 10,11,12 ve 13'e göre değerlendirildiğinde; inceleme alanının 1. derece deprem bölgesinde yer almasından dolayı etkin yer ivme katsayısı $A_0 = 0.40g$, yerel zemin grubu B ve zemin sınıfı Z-2 olarak belirlenmiştir. Yapılan jeofizik çalışmalar sonucu bulunan Hakim Titreşim Periyodunun yer aldığı aralığa göre ise yer salınım karakteristik spektrum periyotları ise $T_A - T_B = 0.15 - 0.40$ olarak bulunmuştur.

Tablo 9. Kayaçlarda ayrışma derecelerinin tanımlanması (ISRM,1978)

Table 9. Definition of disintegration degree of the rocks (ISRM, 1978)

Tanımlama Kriteri	Tanım	Simge
Ana kayaçta renk değişimi yok. Dayanımında bir azalma veya diğer ayrışma etkileri söz konusu değildir. Ancak kırık düzlemleri lekeli veya renk değiştirmiş olabilir.	Taze Ayrışmamış	W ₁
Kayaçın süreksizliklere yakın olan kesimlerinde çok az renk değişimi vardır. Süreksizlik yüzeyleri açık ve renkleri çok az değişmiştir. Kayaç, ayrışmamış kayaca oranla fark edilir bir zayıflık göstermez.	Az Ayrışmış	W ₂
Kayaçın rengi değişmiştir. Süreksizlikler açık olabilir. Ayrışma kayaçın içine nüfus etmeye başlamıştır. Kayaç fark edilir ölçüde zayıflamıştır. Kaya oranı %50-90 arasındadır.	Orta Derecede Ayrışmış	W₃
Kayaçın rengi değişmiştir. Süreksizlikler açık olabilir ve yüzeylerinin rengi değişmiştir. Süreksizliklere yakın kesimlerde orijinal doku değişmiş, ayrışma kayaçın iç kesimlerini daha fazla etkilemiştir. Kaya oranı %50 den azdır.	Çok ayrışmış	W ₄
Kayaçın rengi değişmiş ve kayaç toprak haline gelmiştir. Fakat kaya tekstürü hala tanınabilir. Seyrek olarak küçük ana kayaç parçaları bulunur. Ayrışma ürünü zeminin özellikleri kısmen ana kayaçın özelliklerini yansıtır.	Tamamen Ayrışmış	W ₅

Bölgeye Ait Sismik Riskin Belirlenmesi

Daha önce anlatılan teorik bilgilerin ışığında bölgemize ait magnitüd – frekans bağıntısı belirlenerek bu bağıntı üzerinden depremlerin olma riski belirlenmiştir. (39.500 – 42.000 K, 28.000 – 31.500 D) koordinatları ile sınırlandırılmış olan çalışmada bölgesine ait deprem verileri Deprem Araştırma Dairesinden elde edilmiştir. Bu veriler 1900 – 2000 yıllarını kapsamaktadır. Depremlerin alınan magnitüdüleri 4.0 ve daha büyük depremlerdir

Table 10. Toprak kalınlığına göre yerel toprak sınıfı
Table 10. Soil classification according to soil thickness

Deprem Yönetmeliğine Göre Yerel Zemin Sınıflaması		Vs (m/sn)	Ta - Tb (sn)	Vp/Vs	Gs (kg / cm ²)	Ed (kg / cm ²)	q _s (kg/cm ²)
Z1	Çok Sıkı Zemin	> 700	0.10-0.30	1.5 - 2.0	> 10 000	> 30 000	10 - 100
Z2	Sıkı - Katı	400 - 700	0.15 - 0.40	2.0 - 2.5	3000 - 10 000	10 000-30 000	3 - 10
Z3	Orta Sıkı-Bozmuş	200-400	0.15 - 0.60	2.5 - 3.0	600 - 3 000	1 700 - 10 000	1 - 3
Z4	Gevşek-Yumuşak	< 200	0.20-0.90	3.0-10.0	< 600	< 1 700	< 1

Table 11. 2007 Deprem Yönetmeliği uyarınca toprak türünün sınıflandırılması
Table 11. Soil type classification according to 2007 Earthquake Regulations

Toprak Türü	Tanım	Ölçünlü Giriş N30	Göreceli Sıklık (%) Dr	Özgür Basınç Direnci qu (kPa)	Kayma (kesme) Dalgası Hızı Vs (m/sn)
A	1.Kütlesel püskürük kayalar ve ayrılmamış sağlam başkalaşık (metamorfik) kayalar, sert çimentolu tortul kayalar 2. Çok sıkı kum, çakıl 3. Sert kil, siltli kil.	>50	85 - 100	>1000 >400	>1000 >700 >700
B	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek püskürük kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrılmış çimentolu tortul kayalar 2. Sıkı kum, çakıl 3. Çok katı kil, siltli kil	30 - 50 16 - 32	65 - 85	500 - 1000 200 - 400	700 - 1000 400 - 700 300 - 700
C	1.Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış başkalaşık kayalar ve çimentolu tortul kayalar 2. Orta sıkı kum, çakıl 3. Katı kil, siltli kil	10 - 30 8 - 16	35 - 65	<500 200 - 400	400 - 700 200 - 400 200 - 300
D	1. yer altı su düzeyinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon katmanları 2. Gevşek kum 3. Yumuşak kil, siltli kum	0 - 10 0 - 8	<35	<100	<200 <200 <200

Tablo 12. Deprem bölgelerine göre değişen Etkin Yer İvme Katsayısı A_0 , (2007 Deprem yönetmeliği).
Table 12. Effective soil acceleration coefficient A_0 , (2007 Earthquake Regulation)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Tablo 13. Yer Salınım Spektrum Simgesel Periyotları (T_A - T_B)
Table 13. Symbolic soil oscillation periods (T_A - T_B)

Yerel Toprak Sınıfı	T_A	T_B
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

İnceleme Alanının Yerleşime uygunluk yönünden değerlendirilmesi

İnceleme alanında açılan temel araştırma sondaj çalışmalarında yeraltı suyuna rastlanılmamıştır. Ancak mevsimsel yağışlarla zemin taşıma gücünün, zeminin doygun hale gelmesiyle azalacağı, yapı temelini olumsuz yönde etkileyebileceği ve dolayısı ile üst yapı hasarlarına neden olabileceği için, özellikle kış aylarında yüzey suyunun da yükselmesinden dolayı; temel alt kotları için yapı temellerine, yüzey suları ve yağmur etkisinin azaltılması için gerekli temel çevre drenajı yapılması ve yapıların tamamında su izolasyon tedbirlerinin ve iksa işlemlerinin kesinlikle alınması, ayrıca çöp alanından gelen suların kesinlikle bertaraf edilmesi gerekmektedir. İnceleme alanından geçen Yumrukaya Deresi içerisine, çöp alanından gelebilecek kontrolsüz ve kirlenmiş su deşarjı yapılmamalı ayrıca gerekli ıslah önlemleri alınmalıdır.

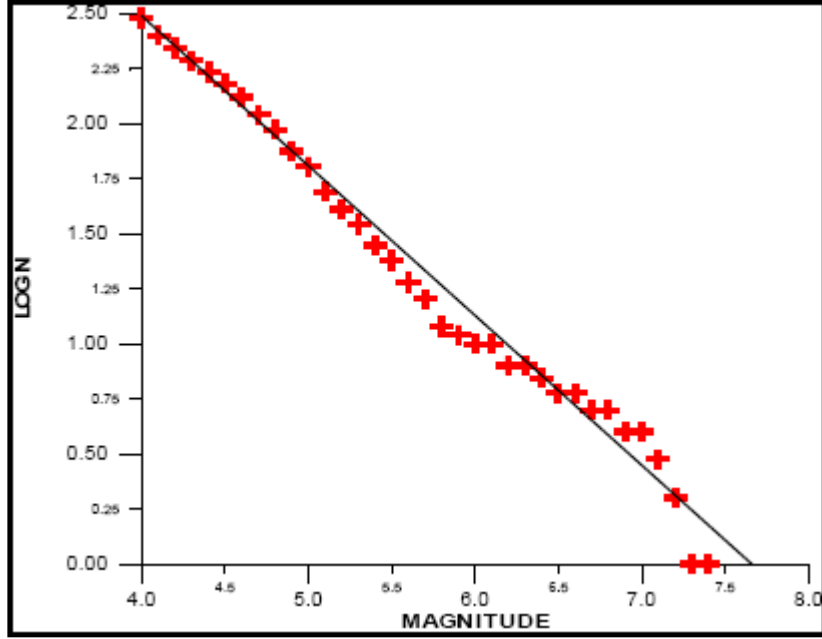
Mevsimsel yağışlar ve çevre topoğrafyası ile jeomorfolojik yapı dikkate alındığında yapılacak olan bir proje dahilinde dere ıslahının yapılması önerilmektedir. Genellikle dere ıslahlarında açık menfez sistemi öngörülmekle birlikte derenin akar yatağı, çevre topoğrafyası ile sahanın kullanım amacı dikkate alındığında 3 x 3 m. ebatlarında (az olmamak üzere) bitişik iki adet kapalı menfezin yapılması uygundur. Ayrıca dere yatağı çevresindeki çöp tabakaları alındıktan sonra dere ıslahına geçilmelidir. Dere ıslah çalışmalarında projelendirilmiş olan sistemler doğrultusunda ıslah çalışmalarına

başlanmalıdır. Projelendirilmiş olan dere ıslah çalışmaları dahilinde oluşturulacak olan dolgu platformları sahanın topoğrafik yapısına göre gerçekleştirilmelidir.

İnceleme alanında dolgu işlemi düşük kottan, yüksek kota doğru yapılacak ve çevre topografyasına göre teraslama ile ilerleme gerçekleştirilmesi uygun olacaktır.

Tablo 14. En küçük kareler yöntemi ile magnitüd - frekans bağıntısı tayini
Table 14. Determination of magnitude-frequency relation using the least squares method

M	N	Nv _{iğ}	logNv _{iğ}	m**2	M*logNv _{iğ}
4.0	51	303	2.481442629	16	9.925770514
4.1	31	252	2.401400541	16.81	9.845742217
4.2	27	221	2.344392274	17.64	9.846447549
4.3	22	194	2.28780173	18.49	9.837547439
4.4	20	172	2.235528447	19.36	9.836325166
4.5	20	152	2.181843588	20.25	9.818296146
4.6	22	132	2.120573931	21.16	9.754640084
4.7	16	110	2.041392685	22.09	9.59454562
4.8	19	94	1.973127854	23.04	9.471013697
4.9	11	75	1.875061263	24.01	9.187800191
5.0	15	64	1.806179974	25	9.03089987
5.1	8	49	1.69019608	26.01	8.620000008
5.2	6	41	1.612783857	27.04	8.386476055
5.3	7	35	1.544068044	28.09	8.183560635
5.4	4	28	1.447158031	29.16	7.814653369
5.5	5	24	1.380211242	30.25	7.591161829
5.6	3	19	1.278753601	31.36	7.161020165
5.7	4	16	1.204119983	32.49	6.863483901
5.8	1	12	1.079181246	33.64	6.259251227
5.9	1	11	1.041392685	34.81	6.144216842
6.0		10	1	36	6
6.1	2	10	1	37.21	6.1
6.2		8	0.903089987	38.44	5.599157919
6.3	1	8	0.903089987	39.69	5.689466918
6.4	1	7	0.84509804	40.96	5.408627456
6.5		6	0.77815125	42.25	5.057983127
6.6	1	6	0.77815125	43.56	5.135798253
6.7		5	0.698970004	44.89	4.683099029
6.8	1	5	0.698970004	46.24	4.752996029
6.9		4	0.602059991	47.61	4.15421394
7.0	1	4	0.602059991	49	4.214419939
7.1	1	3	0.477121255	50.41	3.387560909
7.2	1	2	0.301029996	51.84	2.167415969
7.3		1	0	53.29	0
7.4	1	1	0	54.76	0
199.5	303	2084	45.61440144	1172.85	236.523592
LogN=5,21-0,68M					
B	a	a'	a1	a1'	n
0.685672162	5.211599938	5.013267731	3.207278564	3.008946358	35



Şekil 6. Magnitüd - frekans ilişkisi ve çakıştırılan doğru.

Figure 6. Relation between magnitude-frequency and fitting a line.

Şev Duraylılığı Analizi

İnceleme alanında eğimin yüksek olması nedeniyle söz konusu saha için Slide 5.0 programında, mevcut sayısal topoğrafik veriler ve laboratuvar deney sonuçları yardımıyla şev duraylılığı analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerde mevcut durum itibariyle inceleme alanı heyelan tehlikesi açısından risk taşımaktadır. Yapılan analizde minimum güvenlik katsayısı $FS = 0.163$ ($FS < 1.00$ Duraysız) olarak bulunmuştur. Bu riski engellemek için inceleme alanında teraslama ile birlikte istinat yapıları projelendirilmiş olup, Slide 5.0 programında tekrar yapılan analizde güvenlik katsayısı $FS = 5.448$ ($FS > 1.00$ Duraylı) olarak bulunmuştur. Ayrıca yapılacak olan istinat yapıları 40.00 metre uzunluğunda ve 0.40 metre çapındaki kazıkların üzerine inşa edilmesi önerilmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İnceleme alanı; Kocaeli İli, Gebze Belediyesi, Kirazpınar Mevkii sınırları dahilindeki Eski çöp depolama sahasının Pelitli Köy mezarlığına bakan kuzeydoğu kısmındaki vadiye ve dereye doğru kaymanın olduğu alanı içermektedir. Sahanın doğal şartlar altında incelenmesi amacıyla sondaja dayalı zemin ve temel projesi hazırlanmıştır.

1. İnceleme alanında zeminin düşey yöndeki değişimini ve mühendislik jeolojisi özelliklerini belirlemek amacıyla toplam derinliği 225.00 metre olan 15 adet temel sondajı ile zeminin yatay ve düşey yöndeki değişimin dinamik yöntem ile tespit edilebilen fiziksel ve elastiki parametrelerin bulunması amacı ile 15 profil boyunca sismik kırılma ve rezistivite çalışması yapılmıştır.

2. İnceleme alanı ve yakın çevresinde Kartal Formasyonu'na ait birimler tespit edilmiştir. İnceleme alanında toplam derinliği 225.00 m olan 15 adet temel araştırma sondaj çalışması yapılmıştır. Temel

araştırma sondaj çalışmalarında yüzeyden itibaren 10.40-12.10 m derinliklere kadar çöplerden oluşan dolgu seviyesi geçilmiştir. Bu dolgu seviyesi devamından temel araştırma kuyu sonları olan 15.00 metre derinliğe kadar sarımsı kahve renkli bol kırıklı çatlaklı grovak-şeyl birimi kesilmiştir.

3. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü'nün 31 Ocak 2000 tarihli (11 Nolu) genelgesi gereği belli kabuller yapılarak zemin özellikleri ortaya konulmuş ve zemin emniyet gerilmesi hesabı yapılmıştır.

4. İnceleme alanında ana kaya ortamı için hesaplanan emniyetli tasıma gücü değerleri, sondajdan alınan karot numunelerinde yapılan nokta yükleme deneyleri esas alınmıştır. Bölgenin depremselliği, morfolojisi ve formasyona ait birimlerin çatlak sistemlerinin gelişmiş olması, ayrışma derecesi gibi parametreler göz önüne alındığında aşırı ayrışmış (W_4) kesimler dışında izin verilebilir tasıma gücü; $q_{em} = 1.90 \text{ kg / cm}^2$ olarak hesaplanmıştır.

5. İnceleme alanında yapılan jeofizik ölçümler neticesinde Yataklanma Katsayısı (K_s); $K_s = 1378\text{-}3940 \text{ ton/m}^3$ hesaplanmıştır.

6. Zemin Hakim Titreşim Peryodu $T_0 = 0.59\text{-}0.86 \text{ sn}$ arasında tespit edilmiştir.

7. Jeofizik Rezistivite düşey kesitlerinde görünen düşük rezistivite değerleri (44.15-98.42 ohm.m...) ince taneli killi ve killi hakim malzemeli formasyonlara dolayısıyla da yer altı suyu olanakları açısından zayıf kısımları, yüksek rezistivite değerli (45.71-82.16 ohm.m...) ise kaya (seyl) seviyelerine tekabül etmektedir.

8. İnceleme alanında yapılan sismik çalışmalarda II. Tabaka için S hızı $V_{s30} = 259 \text{ m/sn}$ olarak bulunduğundan inceleme alanında zemin sınıfı Nehrp'e göre D olarak değerlendirilmiştir.

9. İnceleme alanı zemin grubu olarak B zemin grubu, Spektrum karakteristik Periyotları bakımından $T_A = 0.15 - T_B = 0.40$; Yerel Zemin sınıfı olarak Z-2 olarak belirlenmiştir.

10. İnceleme alanında açılan temel araştırma sondaj çalışmalarında yeraltı suyuna rastlanılmamıştır. Ancak mevsimsel yağışlarla zemin taşıma gücü, zeminin doygun hale gelmesiyle azalacağı, yapı temelini olumsuz yönde etkileyebileceği ve dolayısı ile üst yapı hasarlarına neden olabileceği için, özellikle kış aylarında yüzey suyunun da yükselmesinden dolayı; temel alt kotları için yapı temellerine, yüzey ve yağmur etkisinin azaltılması için gerekli temel çevre drenajının yapılması, yapıların tamamında su izolasyon tedbirlerinin ve iksa işlemlerinin kesinlikle alınması gerekmektedir. Ayrıca çöp alanından gelen suların kesinlikle bertaraf edilmesi gerekmektedir.

12. İnceleme alanından geçen Yumrukaya Deresi içerisine, çöp alanından gelebilecek kontrolsüz ve kirlenmiş su deşarjı yapılmamalı, ayrıca gerekli ıslah işlemleri alınmalıdır. Mevsimsel yağışlar ve çevre topoğrafyası ile jeomorfolojik yapı dikkate alındığında yapılacak olan bir proje dahilinde dere ıslahının yapılması önerilmektedir. Genellikle dere ıslahlarında açılan menfez sistemi öngörülmekle birlikte derenin akar yatağı, çevre topoğrafyası ile sahanın kullanım amacı dikkate alındığında 3 x 3 m. ebatlarında (az olmamak üzere) bitişik iki adet kapalı menfezin yapılması uygun görülmektedir. Ayrıca dere yatağı çevresindeki çöp tabakaları alındıktan sonra dere ıslahına geçilmelidir. Dere ıslah çalışmalarında projelendirilmiş olan sistemler doğrultusunda ıslah çalışmalarına başlanmalıdır.

13. İnceleme alanında projelendirilmiş olan dere ıslah çalışmaları dahilinde oluşturulacak olan dolgu platformları sahanın topoğrafik yapısına göre yapılmış olan planlama dahilinde gerçekleştirilmelidir.

14. İnceleme alanında yapılacak dolgu işlemi düşük kottan, yüksek kota doğru yapılacak ve çevre topoğrafyasına göre teraslama ile ilerleme gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

15. İnceleme alanında eğimin yüksek olması nedeniyle söz konusu saha için Slide 5.0 programında, mevcut sayısal topoğrafik veriler ile laboratuvar deney sonuçları yardımıyla şev duraylılığı analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerde mevcut durum itibariyle inceleme alanı heyelan tehlikesi açısından risk taşımaktadır. Yapılan analizde minimum güvenlik katsayısı $FS = 0.163$ ($FS < 1.00$ Duraysız) olarak bulunmuştur. Bu riski engellemek için inceleme alanında teraslama ile birlikte istinat yapıları projelendirilmiş olup, Slide 5.0 programında tekrar yapılan analizde güvenlik katsayısı $FS = 5.448$ ($FS > 1.00$ Duraylı) olarak bulunmuştur. Ayrıca yapılacak olan istinat yapıları 40.00 metre uzunluğunda ve 0.40 metre çapındaki kazıkların üzerine inşa edilmesi önerilmektedir.

16. İnceleme alanı, kuzey anadolu fayına yaklaşık 3 km uzaklıkta yer almakta olup, Bakanlar Kurulunun 18.04 /1996 tarih ve 96 / 8109 sayılı kararı ile geçerli kılınan “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası”nda proje alanı I. derecede tehlikeli deprem bölgesi içinde kalmaktadır. Dolayısıyla bu alanda inşa edilecek yapıların, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY – 2007)”e aynen uyulması gerekmektedir. Birinci derece deprem bölgesinde inşa edilecek yapılar için en büyük zemin ivmesi değeri: $A \geq 0.40$ g seçilmelidir.

KAYNAKLAR

AFET İŞL. GN. MÜDÜRLÜĞÜ, 2007. 03 Mayıs 2007 tarih, 26511 Sayılı Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik, Ankara.

AKARTUNA, M., 1968. Armutlu yarımadasının jeolojisi, İÜ Fen Fak. Monografileri, 20, 105s.

BARGU, S. ve SAKINÇ, M., 1989. İznik körfezi-İznik gölü arasında kalan bölgenin jeolojisi ve yapısal özellikleri, İÜ Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, 6, 45-76.

DELGADO, J., ALFARO, P., GALINDO-ZALDIVAR, J., JABALOY, A., LOPEZ GARRIDO, A. C., and SANZ DE GALDEANO, C., 2002. Structure of the Padul-Niguelas Basin (S Spain) from H/V ratios of ambient noise: application of the method to study peat and coarse sediments Pure Appl. Geophys. 159 2733–49.

DELGADO, J., LOPEZ, C. C., ESTEVEZ, A., GINER, J., GUENCA, A., and MOLINA, S., 2000a. Mapping soft soils in the Segura river valley (SE Spain): a case study of microtremors as an exploration tool, J. Appl. Geophys. 45 19–32.

DELGADO, J., LOPEZ, C. C., GINER, J., ESTEVEZ, A., CUENCA, A., and MOLINA, S., 2000b. Microtremors as a geophysical exploration tool: applications and limitations, Pure Appl. Geophys. 157 1445–62.

- ERENDİL, M, AKSAY, A., KUŞÇU L., ORAL, A., TUNAY, G. ve TEMREN, A. 1991. Bolu Masifi ve çevresinin jeolojisi: MTA Arşivi Rap. 9425, (yayımlanmamış), Ankara.
- GÖNCÜOĞLU, M.C.; ÖZCAN, A.: TURHAN, N. VE IŞIK, A., 1992. Stratigraphy of the Kütahya region: International Symposium on the Geology of the Black Sea Region (ISGB). Guide Book, 3-8, Ankara.
- HOLTZ, W.G. and GIBBS, H.J., 1956. Engineering Properties Of Expansive Clays, Transactions, ASCE, Vol. 121, pp. 641-677.
- KLİMİS, N. S., PAPAZACHOS, C. B., and EFREMİDİS, CH. F., 1999. Determination of the behavior of a sedimentary rock mass: comparison of measured static and dynamic properties, Proc. 9th Int. Conf. on Rock Mechanics (Paris, France).
- LEONARDS, G.A., 1962. Foundation Engineering. Mc Graw Hill Book Comp., New York, 1136 s.
- LUNA, R. and JADI, H., 2000. Determination of dynamic soil properties using geophysical methods Proc. 1st Int. Conf. on the Application of Geophysical and NDT Methodologies to Transportation Facilities and Infrastructure Geophysics, (Federal Highway Administration, Saint Louis, MO) vol 3 pp 1-15.
- OTHMAN, A. A. A., 2005. Construed geotechnical characteristics of foundation beds by seismic measurements, J. Geophys. Eng., 2 126-38.
- PAROLAI, S., BORMAN, P. and MILKREIT, C., 2001. Assessment of the natural frequency of the sedimentary cover in the Cologne area (Germany) using noise measurements, J. Earthq. Eng. 5 541-64.
- PAROLAI, S., BORMAN, P. and MILKREIT C., 2002. New relationships between Vs, thickness of sediments and resonance frequency calculated by H/V ratio of seismic noise for the Cologne area (Germany) Bull. Seismol. Soc. Am. 92 2521-7.
- SAKINÇ, M. ve BARGU, S., 1989. İzmit körfezi güneyindeki geç Pleistosen çökel stratigrafisi ve bölgenin neotektonik özellikleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 32, 51-64.
- SAVVAİDİS, A., TSOKAS, G., SOUPIOİS, P., VARGEMEZİS, G., MANAKOU, M., TSOURLOS, P., and FIKOS, I., 1999. Geophysical prospecting in the Krousovitis dam (N Greece) by seismic and resistivity geophysical methods, J. Balkan Geophys. Soc. 2 128-39.
- SEYMEİN, İ., 1995. İzmit Körfezi ve Çevresinin Jeolojisi (İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi; Meriç, E., içinde) 1-22.
- SOUPIOİS, P. M., PAPAZACHOS, C. B., VARGEMEZİS, G., and FIKOS, I., 2005. Application of modern seismic methods for geotechnical site characterization, Proc. Int. Workshop in Geoenvironment and Geotechnics (Milos Island, Greece, 12-14 September) pp 163-70.

SOWERS, G.B. and SOWERS, G.F., 1979. *Introductory Soil Mechanics and Foundations*, Mc Millan

TERZAGHI, K., 1943. ‘‘Theoretical Soil Mechanics’’ Wiley, New york. ve Peck, R.B., 1948. ‘‘Soil Mechanics İn Engineering Practive’’ Wiley, p729., New York.

TEZCAN, SEMİH S., KEÇELİ, A., ÖZDEMİR, Z., 2006. Allowable bearing capacity of shallow foundations based on shear wave velocity, Technical Note, İstanbul.

VENKATESWARA, V. R., SRINIVASA, R., PRAKASA, R. B. S., and KOTESWARA R. P., 2004. Bedrock investigation by seismic refraction method—a case study *J. Ind. Geophys. Union* 8, 223–228.