

YUKARI HERKEKE BÖLGESİ'NDE YER ALAN KİLLİ KİREÇTAŞLARININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Determination of Physical Characteristics of Clayey Limestone in Upper Hereke (Kocaeli)

Ali BOZKURT¹ ve Cengiz KURTULUŞ²

ÖZET

Kocaeli ili, Körfez ilçesi, yukarı Hereke bölgesinde 12.000 m² alana sahip, arazinin jeolojik, jeofizik ve jeoteknik yöntemlerle incelenmesi yapılarak, fiziksel özellikleri ortaya çıkartılmıştır. Bu amaç için toplam derinliği 71 m olan 4 adet sondaj kuyusu açılmış, aynı noktalarda karşılıklı atışlı sismik kırılma çalışması yapılmış ve rezistivite (özdirenc) ölçüleri alınmıştır.

Sismik kırılma çalışmalarından inceleme alanında iki tabaka belirlenmiş olup, üstteki örtü tabakasının P-ve S-dalga hızları V_{p1} : 406-537 m/s ve V_{s1} : 156-238 m/sn ve derinliği 0.33-0.57 m olarak bulunmuştur. Örtü tabakasının altında ise P-ve S- hızları, V_{p2} : 1597-1626 m/s ve V_{s2} : 680-692 m/s arasında değişen bir katman tespit edilmiş ve kuyu verilerinden bunların killi kireçtaşları olduğu belirlenmiştir.

Kuyulardan alınan zemin örnekleri üzerinde yapılan deneylerden killi kireçtaşlarının ayrışma derecesi üst seviyeler için 'çok ayrışmış-W4' ve alt seviyeler için ise 'orta ayrışmış-W3' bulunmuştur. Kayaların RQD değeri %0-76 ve karot verimi %20-90 olarak hesaplanmış olup, nokta yük dayanım indisi I_{s50} =4.50-13.44 kg/cm², zemin emniyet gerilmesi 3.60-10.75 kg/cm² dinamik zemin emniyet gerilmesi 3.16 kg/cm² bulunmuştur. Yapılan sismik kırılma çalışmasından kayaların yerel zemin sınıfı 'Z₂' ve zemin grubu 'B' belirlenmiştir. İnceleme alanı 1. derece deprem bölgesine girgiğinden, etkin yer ivme katsayısı A_0 =0.40 ve spektrum periyotları T_A = 0.15 sn ve T_B = 0.40 sn olarak saptanmıştır.

ABSTRACT

The investigation of physical characteristics of rocks in upper Hereke was performed using geological, geophysical and geotechnical methods in a 12.000 m² area. Mechanical soundings with total depth of 71m was performed at 4 points, reciprocal seismic refraction studies and vertical resistivity soundings were performed at the same locations.

A cover soil layer with the thickness of 1.47-1.92 m heaving P and S velocities of V_{p1} : 440-549 m/s ve V_{s1} : 160-199 m/s was determined. Beneath this cover clayey limestone with P and S velocities changing between V_{p2} : 652-681 m/s ve V_{s2} : 256-267 m/s respectively were detected.

The tests conducted on the samples collected from the boreholes indicated that the decomposition degree of the clayey limestone is W4-very decomposited for upper parts and W3-medium decomposited for lower parts. The RQD and the core efficiency of the rocks were determined between 0-76% and 20-90%. The point load index of the rocks I_{s50} =4.50-13.44 kg/cm², safety bearing capacity 3.60-10.75 kg/cm² were obtained. The dynamic safety bearing capacity of them was calculated as 3.16 kg/cm². The local soil clas and the soil group of the rocks were figured out 'Z₂' and 'B' respectively. The investigation area is within the 1. degree earthquake hazard region and so the effective soil acceleration coefficient A_0 = 0.40 and spectrum periods T_A = 0.15 sn ve T_B = 0.40 sn were determined.

GİRİŞ

Son yıllarda jeofizik metotlar petrol, gaz, maden ve su gibi yaraltı kaynaklarının aranmasının yanı sıra, inşaat sektöründe yapı temellerinin oturtulacağı zemin araştırmalarında, tünel ve baraj inşaatları için yer seçiminde, zeminlerin dinamik fiziksel özelliklerinin tespitinde (Klimis ve

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

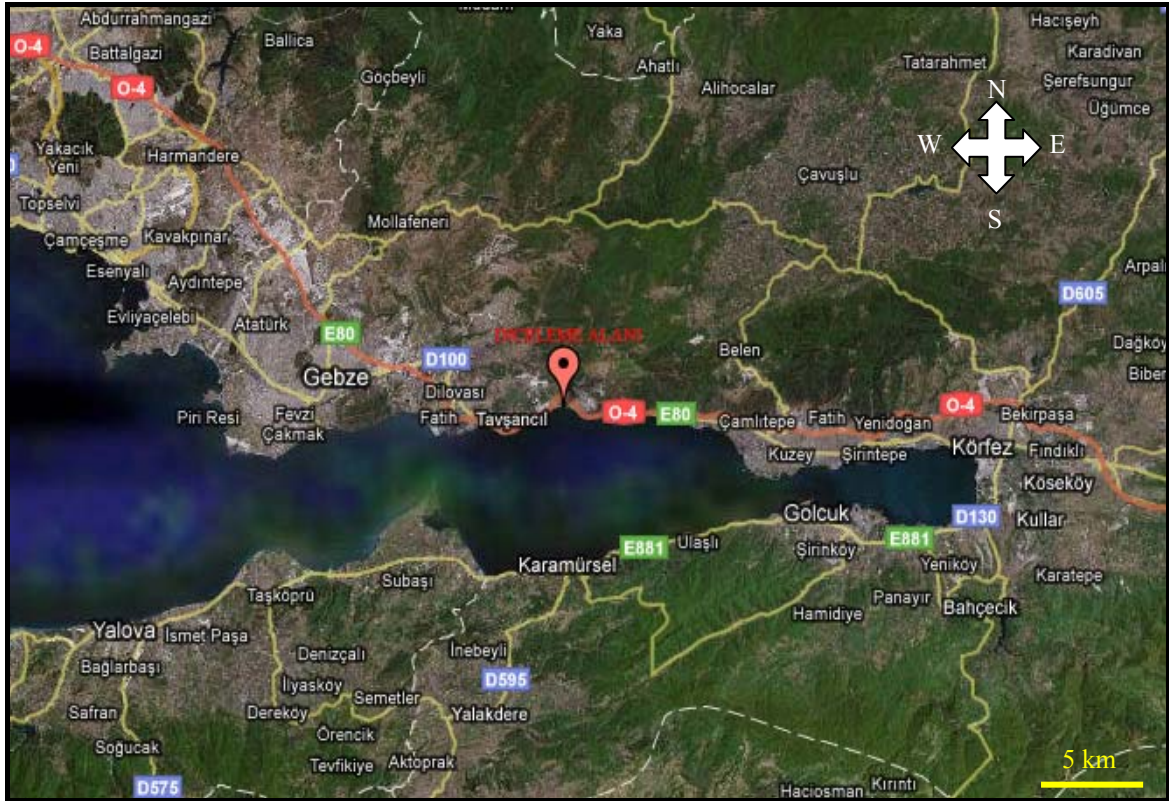
² Kocaeli Üniv. Müh. Fak. Jeofizik Müh. Bl., Umuttepe kampüsü, İZMİT-KOCAELİ. e-mail: cengizk@kocaeli.edu.tr

diğ.,1999; Luna ve Jadi, 2000; Otham, 2005; Savvaidis ve diğ., 1999; Soupios ve diğ., 2005; Vankateswrar ve diğ., 2004; Canbay ve diğ., 2000; Kurtuluş ve diğ., 2005; Kurtuluş ve diğ., 2006) ve yapıların deprem karşısındaki davranışı ve hasarın önceden tahmini için (Delgado ve diğ., 2000a, 2000b; Seht MalteIbs-von ve Wohlenberg, 1999; Parolai ve diğ., 2001, 2002; Delgato ve diğ., 2002) geniş bir şekilde kullanılmaktadır. İnşaat mühendisliğinde oluşan hasarların çoğu yüzeye yakın tabakaların homojen olmaması nedeniyle içlerinde oluşan boşluk, kırık ve değişik yapıdaki zemin tiplerinin ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle inşaat temellerinin oturtulacağı zeminin ve onun altındaki yapının bilinmesi binalarda depremlerin oluşturacağı olası hasarların en aza indirilmesi için çok önem kazanmaktadır. Jeofizik metotlar ayrıca hasarsız yapı kontrollerinde, yeraltı su ve elektrik şebekelerinin araştırılmasında da günümüzde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır.

İnceleme alanında yapılan jeolojik, jeoteknik ve jeofizik çalışmalar; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları şeklinde üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Sondaj çalışması sırasında kaya ortamında karotlu ilerleme yapılarak alınan karot örnekleri üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır.

İNCELEME ALANININ TANITILMASI

İnceleme alanı İstanbul-İzmit arasında bulunan Hereke ilçesinin kuzeyindeki yukarı kesimde yer almaktadır (Şekil 1).

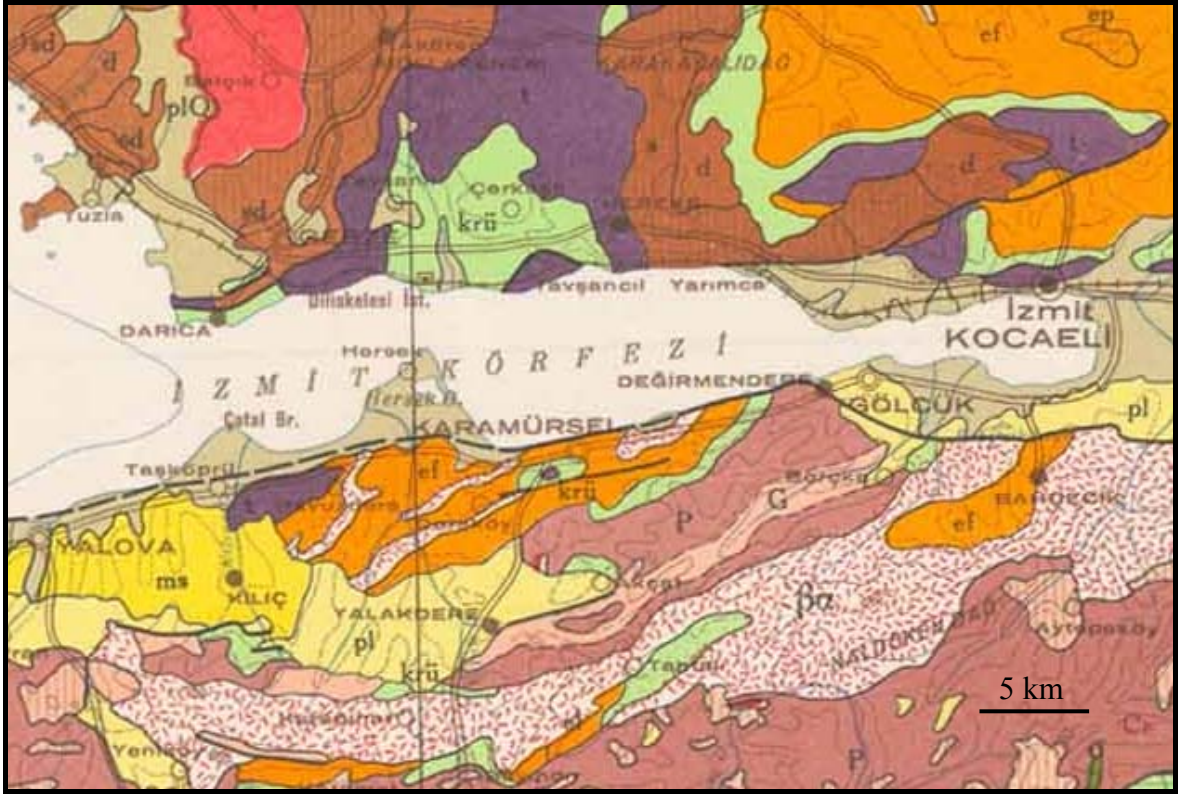


Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (<http://maps.google.com>)
Figure 1. Location map of investigation area (<http://maps.google.com>)

JEOLOJİ

Genel Jeoloji

Gebze-Körfez civarında Tersiyer-Kuvaterner yaşlı gevşek tortullar tarafından açılmal uyumsuzlukla örtülen Paleozoyik yaşlı istif Ordovisiyen yaşlı birimlerle başlayıp Silüriyen ve Devoniyen yaşlı birimlerle devam edip; Alt Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonu ile son bulur. Bu Paleozoyik istifin üstüne açılmal diskordansla gelen Üst Kratase (Maestrihtiyen) killi kireçtaşından oluşmuş Şemsettin Formasyonu ile son bulur (Şekil 2).



Şekil 2. Bölgenin genel jeoloji haritası. plQ: Plio-Kuaterner; pl: Pliocen, Karasal; ef: Eosen, Fliş; ep: Alt Eosen, Paleosen; krü: Üst Kretase; t: Trias; ms: Sarmasien, Pliosen dahil; p: Paleozoik, Ayrılmamış; d: Devonien; ρ: Peridotit, Piroksenit, Harzburgit; α: Andezit, Spilit, Porfirit; β: Bazalt, Dolerit (<http://www.mta.gov.tr>)

Figure 2. General geology map of the region. Where plQ: Plio- Quaternary; pl: Pliocene, terrestrial; ef: Eocene, Fliş ep: lower Eocene, Paleocene; krü: Upper Cretaceous; t: Triassic; ms: Sarmasien, Pliocene include; p: Paleozoic, unseparated; d: Devonian; ρ: Peridotite, Pyroxenite, Harzburgit; α: Andezite, Spilite, Porfirit; β: Bazalt, Dolerite (<http://www.mta.gov.tr>)

Şemsettin Kireçtaşı (KRŞ)

Altınlı (1968) tarafından tanımlanmıştır. Birim triyas yaşlı beyaz, krem, açık gri, koyu gri renklere görülür. Kavkimsi kırıklı genellikle belirgin orta paralel katmanlıdır. Bu birim tabanda kiristalize kireçtaşı ile başlar ve mikritik kireçtaşı ile devam eder. İlk seviyelerde litolojik özellikler çabuk değişim gösterir. Şemsettin Kireçtaşı, Devoniyen üzerinde köşeli kireçtaşı ile başlar. Üstte 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.

Değirmenköy Üyesi (TRhd)

Kirli sarı, kırmızımsı, kumlu kireçtaşı, siyahımsı gri renkli mikritik kireçtaşı ve sarımsı gri renkli killi kireçtaşı litolojisinden oluşan birim sığ ve dalgalı deniz ortamı çökeli olup, Alt Triyas yaşlıdır.

Muallimköy Üyesi (TRhm)

Alt düzeyler beyazımsı, daha üstlere doğru açık koyu gri, kısmen koyu renkli dolomitlerden oluşan birim, sığ denizel ortamda çökelmiş olup, Alt-Orta Triyas yaşlıdır.

Kazmalı Üyesi (TRhk)

Açık renkli, ince marn ara katkılı yumrulu kireçtaşlarından oluşan birim, kıta şelf ortamı çökeli olup, Orta Triyas yaşlıdır.

Alüvyon (Qal)

Alüvyonlar Dilovası ile Hereke arasında deniz sahil şeridine paralel yayılıma sahip olup, derelerin denize döküldüğü yerlerde, teşekkül etmiştir. Materyal derelerin geçtiği yerlerde aşındırdığı malzemenin düzlüklerde yığılmasından çakıl, kum, kil olarak oluşmuştur.

İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanı ve yakın çevresinde Şemsettin Kireçtaşı Formasyonu yüzeylenmiştir. Kirli sarı, kırmızımsı, kumlu kireçtaşı, siyahımsı gri renkli mikritik kireçtaşı ve sarımsı gri renkli killi kireçtaşı litolojisinden oluşan birim sığ ve dalgalı deniz ortamı çökeli olup, Alt Triyas yaşlıdır.

Yapılan sondaj çalışmalarında 0.20-0.30 m. kalınlığında kontrolsüz dolgu altında 1.50 m derinliğe kadar, killi kireçtaşı çakıl ve bloklarından oluşan, yer yer kum ve killi ayrışma zonu ve devamında ise kesit sonlarına kadar kirli beyaz-gri renkli, sarımsı-pas renkli alterasyon rengine sahip, üst seviyelerde bol kırık ve çatlaklı, alt seviyelerde daha az kırık ve çatlaklı, masif yapılı, orta-sert dayanımlı, sık eklem sistemleri içeren killi kireçtaşı birimi gözlenmiştir (Şekil 3).

Tektonik

İnceleme alanı, tektonik etkinliğin yoğun olarak sürdüğü bir yerde bulunmaktadır. Arabistan ve Afrika plakasının kuzeye doğru hareketi sonucu Miyosen'den bugüne kadar Anadolu plakası, kuzeyde Kuzey Anadolu Fay Zonu, doğuda Doğu Anadolu Fayı boyunca batıya doğru hareket etmektedir. Ancak, bu etkinlik öncesi yaşlı birimlerin içerdiği süreksizlikler ve kıvrımlanmalara göre, bölgedeki tektonik etkinliğin farklı evrelerini görmek mümkün olmaktadır.

Bölgedeki, bugünkü tektonik etkinlik oluşturan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) yaklaşık 1500 km uzunlukta olup, Türkiye'yi doğu-batı yönde kat etmektedir. Doğuda Karlıova (Muş) tan başlayıp, Erzincan, Tosya, Gerede, Bolu, Düzce, Adapazarı, İzmit'i izleyerek Marmara Denizi'ne ulaşmaktadır. Burada ikiye ayrılan fay, güneyde Marmara denizini oluşturarak

İNCELEME ALANINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Temel Sondajları

İnceleme alanında yer alan zeminlerin cinsini, kalınlığını, dokanak ilişkilerini jeolojik ve jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla derinliği 71.00 m olan 4 adet temel araştırma sondaj çalışması yapılmıştır.

Sondaj çalışmaları Bayındırlık şartnameleri ve BS 5930 “Code of practice for site investigations” zemin araştırma şartnameleri, ASTM ve TSE standartları ile TCK Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı'nın zemin işlerine ait Teknik Şartnamesi' ne uygun olarak yapılmıştır. Sondajlar sırasında her 1.5m de bir Standart penetrasyon deneyi (SPT) yapılmış olup, alınan karot örnekleri üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Çalışmalarda yer altı suyuna rastlanılmamıştır.

Kaya Sınıflandırılması ve Özellikleri

Taşıma gücü hesapları inceleme alanında 4 adet temel araştırma sondajından alınan karot örnekleri üzerine uygulanan nokta yükleme deney sonuçları esas alınarak yapılmıştır.

İnceleme alanında yapılan temel araştırma sondaj çalışmalarında ve yapay kazı şevlerinde gözlenen killi kireçtaşlarında, arazide yapılan gözlemde ve kaya ortamından alınan kaya karot örnekleri üzerinde yapılan incelemelerde, kireçtaşlarının üst seviyelerde genel olarak ince tabakalı, zayıf-orta dayanımlı ve bol kırıklı ve çatlaklı olduğu ve derinliğin artmasıyla beraber kaya ortamındaki kırık ve çatlaklılığın azaldığı ve dolayısıyla da dayanımın arttığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 1. Kayaçlarda ayrışma derecelerinin tanımlanması (ISRM,1978)

Table 1. Discription of separation degrees in soils (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 ayrılmamış	W1
Kayacın süreksizliklere yakın olan kesimlerinde çok az renk değişimi vardır. Süreksizlik yüzeyleri açık ve renkleri çok az değişmiştir. Kayaç, ayrılmamış kayaca oranla fark edilir bir zayıflık göstermez.	Az ayrılmış	W2
Kayacın rengi değişmiştir. Süreksizlikler açık olabilir. Ayrışma kayacın içine nüfus etmeye başlamıştır. Kayaç fark edilir ölçüde zayıflamıştır. Kaya oranı %50-90 arasındadır.	Orta derecede ayrılmış	W3
Kayacın rengi değişmiştir. Süreksizlikler açık olabilir ve yüzeylerinin rengi değişmiştir. Süreksizliklere yakın kesimlerde orijinal doku değişmiş, ayrışma kayacın iç kesimlerini daha fazla etkilemiştir. Kaya oranı %50 den azdır.	Çok ayrılmış	W4
Kayacın 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 kayacın özelliklerini yansıtır.	Tamamen ayrılmış	W5

Kireçtaşlarındaki bu ayrışma ve süreksizlik düzlemleri göz önüne alındığında ve Çizelge 1'e (ISRM, 1978) göre değerlendirildiğinde killi kireçtaşları için ayrışma derecesi üst seviyeler için "Çok Ayrışmış W4" ve daha alt seviyeler için ise "Orta Derecede Ayrışmış W3" olarak belirlenmiştir.

Kaya Kalitesinin Belirlenmesi

RQD Değerlendirmesine Göre: Taşıma gücü hesaplarında RQD sonuçları dikkate alındığında inceleme alanında yapılan sondajlarda kesilen kaya birimlerin jeoteknik değerlendirmelerinde Deere (1966) ve (Çizelge 2) sınıflamalarından faydalanılmıştır.

İnceleme alanında yapılan ve toplam derinliği 71.00 m. olan 4 adet temel araştırma sondajında kaya ortamında çift tüplü karotiyer ile ilerlenmiş ve alınan karot örnekleri üzerinde yapılan inceleme ve hesaplamalar sonucunda karot verimi (TCR) % 20-90 olarak hesaplanmıştır. Kaliteli karot verimi (RQD) ise % 0-76 olarak hesaplanmıştır. Kaya kütle kalitesi değeri üst seviyelerde "zayıf-orta" alt seviyelerde ise "iyi" olarak değerlendirilmiştir (Deere,1966).

Çizelge 2. RQD ye göre kaya kütle kalitesinin belirlenmesi (Deere, 1966)

Table 2. Determination of rock mass quality based on RQD (Deere, 1966)

RQD (%)	Kaya Kütle Kalitesi
0 – 25	Çok Zayıf
25 – 50	Zayıf
50 – 75	Orta
75- 90	İyi
90-100	Çok İyi

Nokta Yüğü Dayanım İndeksi Deneyi

Nokta yüğü dayanımına göre: İnceleme alanında yapılan ve toplam derinliği 71.00 m olan 4 adet temel araştırma sondaj çalışmasından alınan 40 adet kaya karot örnekleri üzerinde yapılan nokta yüğü dayanım indisi deneylerine göre ortalama minimum $Is_{50}=4.50 \text{ kg/cm}^2$ ve ortalama maksimum $Is_{50}=13.44 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Laboratuvar sonuçları neticesinde elde edilen nokta yük indisleri (Çizelge 3) (Hunt, 1986)' ye göre değerlendirilmiş ve elde edilen verilere göre kireçtaşlarının dayanımı "düşük-çok düşük" olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanında yüzeylenmiş olan killi kireçtaşı biriminden alınan karot örnekleri üzerinde yapılan nokta yüğü dayanım indisi deney sonuçları, dayanım sınıflama tablosuna göre sınıflandırıldığında (Çizelge 4) kayaç sınıfı "çok düşük – düşük dayanımlı" olarak değerlendirilmiştir.

İnceleme alanının 1.derece deprem bölgesinde yer almasından dolayı yapıların güvenliği açısından $C=12$ alınarak tek eksenli sıkışma değeri hesaplanmıştır. Buna göre; minimum nokta yüğü dayanım indisi ortalama minimum $Is_{50}=4.50 \text{ kg/cm}^2$ göre yapılan hesaplamalarda; tek eksenli sıkışma dayanımı (τ_c); $C= 12$ alınarak

$$\begin{aligned}\tau_c &= C \times Is_{50} \\ \tau_c &= 12 \times 4.50 \\ \tau_c &= 54.00 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Çizelge 3. Kayaların mukavemetlerine göre sınıflandırılması. (Hunt, 1986)**Table 3.** Classification of rocks based on their resistance (Hunt, 1986)

Kaya Mukavemeti	Sınıf	Serbest Basınç Dayanımı	Nokta Yükleme İndisi	Kaya Tipi
Çok yüksek	A	> 2200 kg/cm ²	> 95 kg/cm ²	Kuarsit, diyabaz, yoğun bazalt
Yüksek	B	1100 - 2200	50 – 95	Mağmatik kayalar, iyi çimentolanmış kumtaşı, sert şeyl, kalker, dolomit
Orta	C	550 - 1100	25 – 50	Şeyl, poroz kumtaşı, kalker, metamorfik kayalar
Düşük	D	275 - 550	13 – 25	Poroz ve düşük yoğunluktaki kayalar, kumtaşı, killi şeyl, tebeşir, aşınmış kayalar
Çok düşük	E	< 275	< 13	D sınıfı gibi

Çizelge 4. Kayaların nokta yük dayanım indeksi deney sonuçlarına göre sınıflaması. (Bieniawski, 1975)**Table 4.** Classification of rocks based on point load index experiment results (Bieniawski, 1975)

Kayaç Sınıfı	Nokta Yük Dayanımı kg/cm ²
Çok Yüksek Dayanımlı	> 80
Yüksek Dayanımlı	80 - 40
Orta Dayanımlı	40 - 20
Düşük Dayanımlı	10 -20
Çok Düşük Dayanımlı	< 10

Buradan; (Meyerhof, 1953) e göre taşıma gücü;

$$q_{all} = \tau_c \times 0.2$$

$$q_{all} = 54.00 \times 0.2$$

$$q_{all} = 10.80 \text{ kg/cm}^2$$

olarak bulunur.

Emniyetli taşıma gücü güvenlik sayısı FS = 3 alınarak;

$$q_{ult} = q_{all} / FS$$

$$q_{ult} = 10.80 / 3$$

$$q_{ult} = 3.60 \text{ kg / cm}^2$$

bulunur.

Maksimum nokta yükü dayanım indeksi ortalama maksimum $I_{s50}=13.44 \text{ kg/cm}^2$ göre yapılan hesaplamalarda ;

Tek eksenli sıkışma dayanımı (τ_c); C=12 alınarak

$$\begin{aligned}\tau_c &= C \times I_{S50} \\ \tau_c &= 12 \times 13.44 \\ \tau_c &= 161.28 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Buradan; taşıma gücü; $q_{all} = \tau_c \times 0.2$
 $q_{all} = 161.28 \times 0.2$
 $q_{all} = 32.26 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur.

Emniyetli taşıma gücü;

$$\begin{aligned}q_{ult} &= q_{all} / FS \\ q_{ult} &= 32.26 / 3 \\ q_{ult} &= 10.75 \text{ kg/cm}^2 \text{ bulunur.}\end{aligned}$$

İnceleme alanında yapılan 4 adet temel araştırma sondajından alınan toplam 40 adet kaya karot örnekleri üzerinde yapılan nokta yük dayanım indeksi deneylerinden elde edilen min., max. ve ort. I_{S50} değerleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5'ten görüleceği gibi laboratuvar sonuçlarına göre elde edilen ortalama en düşük I_{S50} : 4.50 kg/cm^2 ve en düşük taşıma gücü değeri $q_u = 10.80 \text{ kg/cm}^2$ ve emniyetli taşıma gücü $q_{ult} = 3.60 \text{ kg/cm}^2$ olarak hesaplanmıştır. Ortalama en yüksek $I_{S50} = 13.44 \text{ kg/cm}^2$ ve en yüksek taşıma gücü değeri $q_{all} = 32.26 \text{ kg/cm}^2$ ve emniyetli taşıma gücü $q_{ult} = 10.75 \text{ kg/cm}^2$ olarak saptanmıştır.

Çizelge 5. Toplam 40 adet kaya numunesi üzerinde yapılan nokta yükü dayanım indeksi deneyi sonucunda elde edilen minimum, maksimum ve ortalama I_{S50} değerleri

Table 5. Minimum, maximum and average I_{S50} values determined from the results of point load a index experiment conducted on total 40 rock samples

Lokasyon	Örnek Sayısı	Min. I_{S50} kg/cm^2	Maks. I_{S50} kg/cm^2	Ort. I_{S50} kg/cm^2
SK-1	10	4.03	14.45	9.05
SK-2	10	4.26	12.55	9.83
SK-3	10	4.03	14.92	8.79
SK-4	10	5.68	11.84	8.43

JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Jeofizik Sismik Kırılma Çalışmaları

Sismik kırılma çalışması; P dalgası hızları için düz ve ters, S dalgası hızları için düz atışlı olmak üzere 4 profil boyunca yapılmıştır. Çalışmada GEOMETRICS model, 12 kanallı sismik kırılma cihazı kullanılmış olup, jeofon aralıkları ve ofset 1m olarak seçilmiştir. Çalışmada çeşitli filtreler kullanılarak ve iyi kuplaj sağlanarak gürültü/sinyal seviyesi artırılmıştır. Enerji kaynağı olarak ise 10 kg lık balyoz kullanılmıştır. Çalışmada iki tabaka tespit edilmiştir. Üstte yer alan tabakanın V_p ve V_s hızları 406-537m/s ve 156-238 m/s arasında hesaplanmış olup, kalınlığının 0.33-0.57m arasında değiştiği saptanmıştır. Sondaj verilerinden 2. tabakanın killi kireçtaşlarında olduğu anlaşılmıştır. Altta yer alan 2. tabakanın V_p ve V_s hızları ise 1597-1626m/s ve 680-692m/s arasında değişmektedir. Temellerin oturacağı 2. tabakaya ait zemin emniyet gerilmesi 3.16 kg/cm^3 olarak hesaplanmıştır. Zemin emniyet gerilmesi, inşaat mühendislerinin bina kat sayısı ve projelendirme safhasında dikkate aldıkları en önemli parametrelerden biri olup, zeminin cm^2 başına

kaç kg gerildiğini gösterir. Bu değer ne kadar büyükse kayacın emniyetli olarak gerilmesi de o kadar artar. Bulunan tabakaların elde edilen hızlara göre hesaplanmış dinamik mühendislik parametreleri Çizelge 6’da verilmektedir.

Çizelge 6. Yeraltı tabakalarının ortalama dinamik mühendislik parametre değerleri
Table 6. Average dynamic engineering parameter values of the underground layers

Zemin Parametresi	Sembol	Birim	1.tabaka	2.tabaka
P dalga hızı	V _p	m/s	471	1611
Tabaka derinliği	H	m	0.45	
S dalga hızı	V _s	m/s	197	686
Yoğunluk	d	gr/cm ³	1.69	1.92
Poisson oranı	σ	-	0.39	0.39
Kayma modülü	G	Kg/cm ²	658	9046
Elastisite modülü	E	Kg/cm ²	1833	25134
Bulk modülü	K	Kg/cm ²	2882	37826
Hakim titreşim periyodu	To	Sn	0.30	
Zemin emniyet gerilmesi	q _s	Kg/cm ²	0.80	3.16
Yatak katsayısı	Ks	t/m ³	1532	5946
Zemin büyütmesi	Zb	-	2.5	

İnceleme alanında yapılan sismik kırılma çalışmaları sonucu ikinci tabaka için V_p / V_s oranı 2.32-2.35 ve Poisson oranı 0.39 arasında bulunmuştur. Bu değerler (Çizelge 7)’ye göre (Ercan, 2001) değerlendirildiğinde zemin sıklığı “gevşek” olarak bulunmuştur.

Çizelge 7. Poisson sınıflaması ve hız oranı karşılaştırması (Ercan, 2001)
Table 7. Poisson classification and velocity ratio comparison (Ercan, 2001)

POİSSON ORANI	SIKILIK	V _p /V _s
0.50	Cıvık Sıvı	∞
0.40 - 0.49	Çok Gevşek	∞ - 2.49
0.30 - 0.39	Gevşek	2.49 – 1.87
0.20 - 0.29	Sıkı - Katı	1.87 – 1.71
0.10 - 0.19	Katı	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 Çizelge 8’e ve Çizelge 9’a göre değerlendirildiğinde, yerel zemin sınıfı “Z₂” ve zemin grubu ise “B” olarak bulunmuştur.

Çizelge 8. Deprem yönetmeliğine göre zeminlerin sismik sınıflaması (AFET, 007)
Table 8. Seismic classification of soils according to Earthquake Regulation (AFET, 2007)

Deprem Yönetmeliğine Göre Yerel Zemin Sınıflaması	Vs (m/sn)	Ta - Tb (sn)	Vp/Vs	Gs (kg / cm ²)	Ed (kg / cm ²)	qs (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

Çizelge 9. 2007 Deprem Yönetmeliği uyarınca zemin türünün sınıflandırılması
Table 9. Classification of soil types according to Earthquake Regulation, 2007

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 ayrışmamış 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 ayrışmış 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 ayrışmış 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

Rezistivite-Özdirenç Etüdü

İnceleme alanına Jeoelektrik Rezistivite metodu ile 4 profil boyunca Düşey Elektrik Sondajı uygulanmıştır. Bu uygulamada maksimum 450 volt potansiyele sahip GEOTRON tipi digital çıkışlı sığ rezistivite cihazı kullanılarak Schlumberger ölçü dizilim sisteminde 10 m derinlere nüfuz eden düşey elektrik sondaj ölçüleri alınmıştır. Arazi eğrilerini değerlendirmek için bilgisayar destekli çözüm yöntemi kullanılmıştır.

Jeofizik etüd ve değerlendirme sonucu üstte değişken kalınlıklı ve değişken karakterli olan nebati toprak tabakasının öz direncinin 10-18 Ohm.m arasında, alttaki tabakanın ise 36-95 Ohm.m değiştiği saptanmıştır.

Jeofizik Rezistivite düşey kesitlerinde görülen düşük rezistivite değerleri kontrolsüz dolgu ve ayrılmış yüzeyler, yüksekçe rezistivite değerli kısımlar ana kaya seviyeleri olarak değerlendirilmiştir. Zeminlerin elektrik özgül direnç değerlerine göre koroziflik özelliğine bakıldığında ikinci tabaka için 'orta korozif' olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 10).

Çizelge 10. TS 5141' e göre zeminlerin elektrik özgül dirençlerine göre sınıflandırılması
Table-10. Classification of soils according to their electrical specific resistivities based on TS 5141

Zeminin Elektrik Özgül Direnci (Ohm.m)	Zeminin Korozif Özelliği
< 10	Çok Korozif
10 – 30	Korozif
30 – 100	Orta Korozif
100 <	Az Korozif

İnceleme alanı 1.derece deprem bölgesine girdiğinden 2007 deprem yönetmeliğine göre etkin yer ivme katsayısı $A_0=0.40$ ve yer salınım spektrum simgesel periyotları $T_A=0.15sn$ ve $T_B= 0.40sn$ olarak bulunmuştur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İnceleme alanı ve yakın civarındaki jeolojik yapı; graben özelliğindeki İzmit Körfezi ve bu yapının kuzeyinde Kocaeli, güneyinde Kuzey Anadolu Fay ile sınırlanan Armutlu Yarımadası'nın oluşturduğu iki horst ile temsil edilir.

Yukarı Hereke'de yer alan killi kireçtaşlarının fiziksel özelliklerinin araştırılması için jeolojik, jeofizik ve jeoteknik çalışmalar yapılmıştır. Yapılan sismik kırılma çalışması neticesinde burada yer alan kayaçların ortalama sismik hızları $V_p=1611m/s$ ve $V_s= 686m/s$ bulunmuştur. Bu değerlerin kullanılması ile killi kireçtaşlarının yoğunluğu $1.92gr/cm^3$, Poisson oranı 0.39, kayma modülü $9046 kg/cm^2$, elastisite modülü $2513 kg/cm^2$, bulk modülü $37826 kg/cm^2$, hakim titreşim periyodu 0.3sn yatak katsayısı $5946 t/m^3$, zemin emniyet gerilmesi $3.16 kg/cm^2$ ve zemin büyütmesi 2.5 olarak hesaplanmıştır.

Kayaç örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden bu kayaçların RQD değerinin %0-76 ve karot veriminin TCR %20-90 olduğu saptanmıştır. Kireçtaşlarının üst kısımlar çok ayrılmış-W4 ve alt seviyeleri ise orta derecede ayrılmış-W3 durumunda bulunmaktadır. Nokta yükleme deneyinden bu kayaçların nokta yük dayanım indisi $Is_{50} = 4.50-13.44 kg/cm^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler kaya mukavemetinin düşük-çok düşük olduğunu belirtmektedir. Tek eksenli basınç

deneyinden bu kayaçların zemin emniyet gerilmeleri 3.60-10.75 kg/cm² olarak saptanmıştır. Kayaların yerel zemin sınıfı 'Z₂' ve zemin grubu 'B' olarak belirlenmiş olup, karakteristik spektrum değerleri T_A=0.15 sn ve T_B=0.40 sn ve yer etkin ivme katsayısı A₀=0.40 bulunmuştur.

Özdirenç çalışmalarından bu kayaçların özdirençlerinin 36-95 Ωm arasında değiştiği ve orta korozif olduğu anlaşılmıştır.

İnceleme alanı Morfolojik ve jeolojik özellikler itibarıyla yapılaşma açısından uygun olup, kaya düşmesi, heyelan, çığ düşmesi, feyezan, çökme ve benzeri doğal afet riski taşımayan, sıvılaşma, oturma, göçme, şişme ve kayma yönünden riski bulunmayan alanlardır.

İnceleme alanında 1.50 m'den sonra başlayan ana kaya ortamı için bölgenin deprenselliği, morfolojisi ve formasyona ait birimlerin çatlak sistemlerinin gelişmiş olması, ayrışma derecesinin yüzeye yakın yerlerde W3 yer yer W4 olması gibi parametreler göz önüne alındığında aşırı ayrışmış (W4) kesimler dışında izin verilebilir taşıma gücü; q_{emn}=3.60 kg / cm² olarak kullanılması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 1998. Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelik. 2 Eylül 1997 tarih ve 23098 mükerrer sayılı resmi gazete.

ALTINLI, İ. E., 1968. İzmit-Hereke-Kurucadağ alanının jeoloji incelemesi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, Tatbiki Jeoloji Kürsüsü, İstanbul.

BIENIAWSKI, Z. T., 1975. The point-load test in geotechnical practice, Engineering Geology, 9, M lpp.

DEERE, D.U., and MILLER, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact rock. Air Force Weapons Laboratory Technical Report, Volume I-II, Leonard Hill, 270 p.

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

ERCAN A., 2001. Yer Araştırma Yöntemleri; Bilgiler Kurallar TMMOB Jeofizik Müh. Odası Yayını, 339 sayfa.

ISRM, 1978. Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses, Int. J. Rock. Mechn. and Mining Sei. and Geomech, Abstr., 15, 6 (1978) 319 - 368.

HUNT, R.E., 1986. Geotechnical engineering analysis and foundation, McGraw-Hill Company, p. 729

KLIMIS N S., PAPAACHOS C. B., and EFREMIDIS 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).

KURTULUŞ, C., BOZKURT, A., AŐCI, M., 2003. Kocaeli ili, İzmit ilçesi, Bahçecik Beldesi ve civarının yer mühendislik özelliklerinin jeolojik gözlemler, jeofizik ölçümler ve jeoteknik deneylerle belirlenmesi, KOÜ 2003 Deprem Sempozyumu.

KURTULUŞ C., BOZKURT A., ÖZER C., ENDEŐ H., KIYAK Ő., 2005. Kocaeli SarımeŐe Belediyesi ve civarının yer mühendislik özelliklerinin belirlenmesi, Deprem Sempozyumu, Özler Kitabı, S.212.

KURTULUŞ C., BOZKURT A., ENDEŐ H., 2006. Local soil conditions of the area between the Gulf of İzmit and Lake Sapanca, 15. International Symposium, Ecology 2006, June 5-9, Sunny Beach resort, Bulgaria.

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.

CANBAY M. M., YOĐURTUŐ A., ÇAKIR Ő., KURTULUŞ C., 2002. Tekirdađ Çerkezköy ilçesinde yer mühendislik özelliklerinin jeofizik ölçümler, jeolojik gözlemler ve jeoteknik deneylerle belirlenmesi, ATAG-6 Aktif Tektonik Araştırma Grubu, MTA Genel Müdürlüğü, 21-22 Kasım 2002 Ankara.

OTHMAN A. A. A., 2005. Constructed 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.

SAVVAIDIS A., TSOKAS G., SOUPIO S., VARGEMEZIS 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.

SEHT M., IBS-VON, and WOHLBERG J., 1999. Microtremor Measurements used to map thickness of soft sediments, Bull. Seismol. Soc. Am. 89 250–9.

SOUPIO S. M., PAPAACHOS C. B., VARGEMEZIS 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.

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

http://www.mta.gov.tr/v1.0/haritalar/jeoloji_haritalari/image/istanbul.html