

TUZLA (İSTANBUL) İLÇESİ'NDE JEOLojİK, JEOFİZİK VE JEOTEKNİK YÖNTEMLER İLE ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Determination of Soil Characteristics Using Geological, Geophysical and Geotechnical Methods in Tuzla (Istanbul)

Cengiz KURTULUŞ¹, Ali BOZKURT² ve Cengiz Han DEMİRCİ¹

ÖZET

İstanbul İli, Tuzla İlçesi'nde 95243 m² yüzölçüme sahip olan alanın yer mühendislik özelliklerinin ortaya çıkartılması amacıyla toplam derinliği 76.30 m olan 4 adet sondaj kuyusu açılmış, 4 uygun noktada karşılıklı atışlı sismik kırılma çalışması yapılmış ve 4 profil boyunca rezistivite (özdirenç) ölçüleri alınmıştır. Ayrıca doğal yer periyodunun belirlenmesi için uygun 4 noktada mikrotremor çalışmaları yapılmıştır.

Yüzeyde P-ve S-dalga hızları V_{p1} : 440-549 m/s ve V_{s1} : 160-199 m/s olan ve derinliği 1.47-1.92 m arasında değişen örtü tabakası tespit edilmiştir. Örtü tabakasının altında ise P-ve S- hızları, V_{p2} : 652-681 m/s ve V_{s2} : 256-267 m/s arasında değişen bir katman tespit edilmiş ve kuyu verilerinden siltli kil olarak yorumlanmıştır.

Sondajlardan alınan örnekler üzerinde Atterberg limitleri testi ve üç eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Deney sonuçlarından Sıkışma İndisi $C_c=0.26-0.43$, Kıvamlılık İndisi $I_c=0.10-0.82$, Terzaghi'ye göre Zemin Emniyet Gerilmesi $0.48-0.52 \text{ kg/cm}^2$ bulunmuştur. Çalışma alanının zemin grubu 'CL-CH', Yerel Zemin Sınıfı 'Z₄' ve $T_A=0.20 \text{ sn}$, $T_B=0.90 \text{ sn}$ olarak tespit edilmiştir. İnceleme alanında yatak katsayısı $1083-1134 \text{ t/m}^3$ arasında değişmekte olup, etkin yer ivme katsayısı $A_0 > 0.40$ olarak saptanmıştır. Mikrotremor çalışmalarından inceleme alanında hakim titreşim periyodu'nun $T_0 = 0.79 \text{ sn}$ olduğu tespit edilmiştir.

ABSTRACT

In order to figure out the engineering characteristics of 95243 m² area located in Tuzla, İstanbul, mechanical soundings with total depth of 76.30 m were performed at 4 points, reciprocal seismic refraction studies were conducted at 4 points, vertical resistivity soundings were acquired at 4 points and microtremor measurements were performed at 4 suitable points in the investigation area.

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

Atterberg limits and 3- axial pressure tests were applied on the soil samples collected from the boreholes. The compressibility index $C_c= 0.26-0.43$ and plasticity index $I_c= 0.10-1.82$ were determined. The safety bearing capacity was obtained as $0.48-0.52 \text{ kg/cm}^2$. The soil group and the local soil class of the investigation area were found out as 'CL-CH', and 'Z₄'. T_A and T_B values of the investigation area were resolved as $T_A= 0.20 \text{ sec}$, and $T_B= 0.90 \text{ sec}$. Vertical bearing coefficient and dominant soil acceleration were calculated as $1083-1134 \text{ t/m}^3$ and >0.40 respectively. The dominant ground period of the investigation area were calculated from microtremor studies as $T_0 = 0.79\text{sec}$.

GİRİŞ

Son yıllarda jeofizik metotlar inşaat sektöründe zemin araştırmalarında (Klimis ve diğ., 1999; Luna ve Jadi, 2000; Othman, 2005; Savvaidis ve diğ., 1999; Soupios ve diğ., 2005; Venkateswara ve

¹ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Bl. Umuttepe Yerleşkesi, İZMİT-KOCAELİ. e-mail: cengizk@kocaeli.edu.tr, demirci_cengizhan@yahoo.com

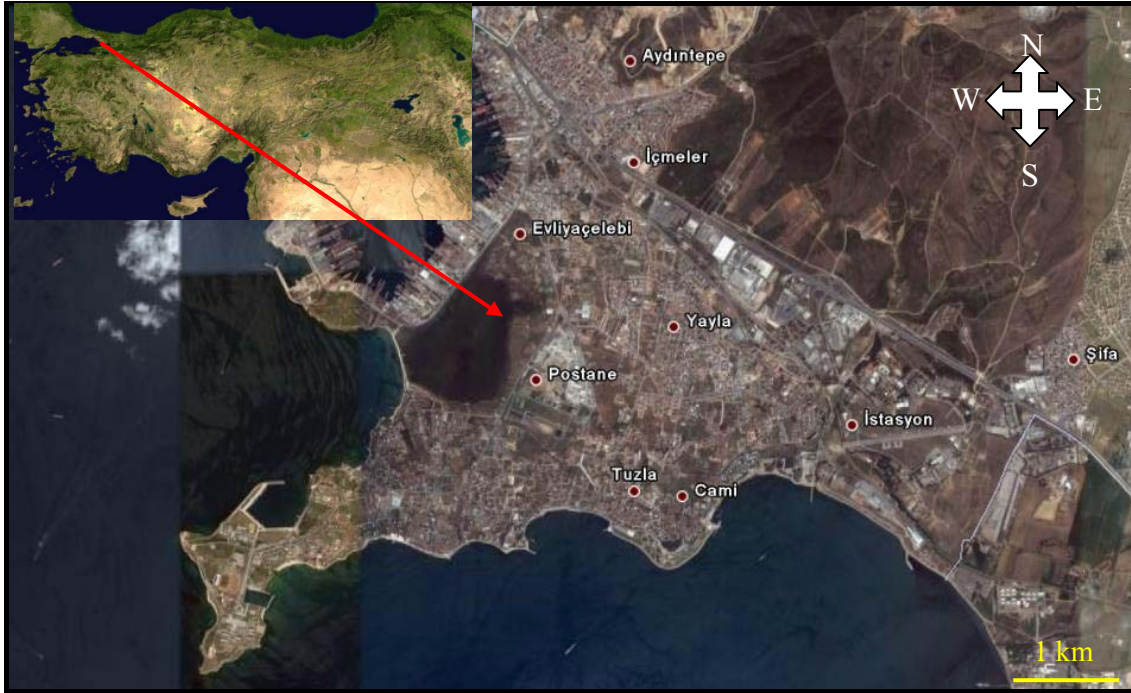
² ABM Mühendislik, Araştırma Bilgi Merkezi, İZMİT-KOCAELİ. e-mail: alibozkurt@abmjeo.com

diğ., 2004) ve yapıların deprem karşısındaki davranışı ve hasarın önceden tahmini için (Delgado ve diğ., 2000a, 2000b; Ibs-von Seht M and Wohlenberg J, 1999; Parolai ve diğ., 2001, 2002; Delgado 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 hasarları en aza indirmek için çok önem kazanmaktadır.

95243 m² yüzölçümüne sahip inceleme alanında yüzeye yakın zeminlerin araştırılması amacıyla toplam derinliği 76.30 m olan 4 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Ayrıca inceleme alanında 4 uygun noktada karşılıklı atışlı sismik kırılma çalışması yapılmış ve 4 profil boyunca rezistivite (özdirenç) ölçüleri alınmıştır. Yerin doğal titreşim periyodunu ölçmek için ise uygun iki noktada mikrotremor ölçümleri uygulanmıştır.

İNCELEME ALANININ TANITILMASI

İnceleme alanı Tuzla, İstanbul kent merkezinde olup, asphalt yol ile ulaşım sağlanabilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Google Earth, 2009)

Figure 1. Location map of the investigation area (Google Earth, 2009)

JEOLOJİ

Genel Jeoloji

İnceleme alanı ve civarında Tersiyer-Kuvaterner yaşlı gevşek tortullar tarafından açıl原因 uyumsuzlukla örtülen Paleozoyik yaşlı istif yer alır. İstif tabanda Ordovisiyen yaşlı birimlerle başlayıp Silüriyen ve devoniyen yaşlı birimlerle devam eder. Alt Karbonifer yaşlı Trakya

Formasyonu ile son bulan Paleozoyik istifin üstünde açılal diskordansla gelen Üst Kratese (Maestrihtiyen) yaşlı killi kireçtaşından oluşmuş Şemsettin Formasyonu bulunur.

Kurtköy Formasyonu (Kuf)

Önceki çalışmalara göre Haas (1968) tarafından Kurtköy tabakaları, Kaya (1978) tarafından Kurtköy Arkoz birimi olarak tanımlanan bu birim ilk kez, Önalın (1982) tarafından Kurtköy Formasyonu olarak adlanmıştır. Genel olarak mor renkli çakıtaşı, kumtaşı ve çamurtaşlarından veya bunların ardışımından oluşmuştur. Bütün özelliklerinin görüldüğü bir tip kesit mevcut değildir. Yalnız formasyona ilişkin değişik fasiyeler değişik bölgelerde ve stratigrafik yönden değişik düzeylerde ortaya çıkar. 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 mercekse geometri, baskın olarak kuvars çakıllarından yapılmış, çakıtaşı mevcuttur. Önalın(1982)' ye göre bunlar Kurtköy Formasyonu'nun üst kesimlerinde kıyı ovası fasiyesi içine açılmış kanal dolgularıdır. Birimin alt sınırı İstanbul çevresinde görülmez. Üstten Aydos Formasyonu ile tedrici geçişlidir. Kurtköy Formasyonu alüvyon yelpaze çökellerinin bulunduğu bölgelerde bu fasiyesin fay kontrollü gelişmesi nedeniyle kalın; Aydos Formasyonu ile ilişkili olduğu bölgelerde ise, kıyı ovalarında kalınlık olarak daha ince ve ince taneli çökellerin bulunuşu nedeniyle giderek incelen bir kama şeklindedir.

Aydos Formasyonu (Af)

Bu istif önceki çalışmalarda esas kuvarsit horizonu, orta kuvarsit formasyonu, Ayazma tabakaları, Aydos kuvars arenit birimi, Kuvarsit gibi isimler altında incelenmiştir. (Packelmann, 1938; Okay, 1947-1948; Altınlı, 1951; Ketin, 1953-1959; Arıç, 1955; Abdüsselamoğlu, 1963-1977; Baykal ve Kaya, 1965). Bu adlamalar litostratigrafi birim adlama kurallarına uymadığı için bu istif Önalın (1982) tarafından "Aydos Formasyonu" olarak yeniden adlanmıştır. Genellikle beyazımsı, pembemsi gri, krem renginde 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 m olan Aydos Formasyonu'nun genelde geometrisi örtü şeklindedir. Kurtköy ve üstteki Gözdağ Formasyonları'yla sınırları tedrici geçişlidir. Orta Ordovisiyen-Landoveriyen yaşlı Gözdağ Formasyonu'nun uyumlu olarak altında bulunması nedeniyle Formasyon Ordovisiyen yaşlı olmalıdır.

Gözdağ Formasyonu (Gf)

Bu formasyon Önalın (1982) tarafından "Gözdağ Formasyonu" olarak adlanmıştır. Bu formasyon, laminalı şeyller ile onlar üzerinde kuvarsit mercekli şeyllerden oluşur. Genellikle grimsi yeşil, boz ve kahve renklerde inceden kalına doğru değişen tabakanın, silisli ve mikalı şeyl ve grovaplardan oluşmuştur. Gebze civarında Küçük Beylik dağının güneydoğusunda, Balçık tepesinin doğusunda, Gaziler tepesinin doğusunda tipik mostralar vermektedir. Formasyon Aydos Formasyonu üzerinde uyumlu ve tedrici geçişle başlar. Formasyon üstteki Dolayoba Formasyonu'na yanıl ve düşey yönde geçer. Formasyon içinden çeşitli araştırmacılar tarafından toplanan ve tayin edilen fosil içeriğine göre orta Ordovisiyen-Landoveriyen yaşlıdır.

Dolayoba Formasyonu (SDd)

Gözdağ Formasyonu'nun kuvars arenit mercekli şeylleri ile 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 adlanmıştır. 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 dağı'nın güneydoğusunda, Gaziler tepesinin ve Baklacık Tepenin doğusunda tipik mostralar vermektedir.

Kartal Formasyonu (Dk)

Bu formasyon Önalın (1982) tarafından "Kartal Formasyonu" olarak adlandırılmış olup, formasyonun yaşı Devoniyendir. Genellikle grinin muhtelif tonları, sarımsı kahverengi, okside olmuş bölümler pas rengi ile koyu kahverengi, bol fosilli, genellikle grovak ve şeyl ardalanmasından oluşan birim içerisinde bazen ince bantlar ve mercекler halinde kireçtaşları da bulunmaktadır. Şeyller iyi yarıma özellikli genelde silt boyutlu kuvars, feldspat ve mikalıdır. 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 laminalıdır. İnce orta kum boyutlu kuvars, feldspat 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 üst sınırları uyumlu ve diğer geçiş tedricidir. Geometrisi de genelde örtü şeklindedir. Çeşitli araştırmalar içerisinde derlenen fosillere göre Kartal Formasyonu'nun Sigeniyen Eyfeliyen (Alt-Orta Devoniyen) yaşında olduğu saptanmıştır.

Tuzla Formasyonu (Trf)

Kartal Formasyonu içindeki kırıntılı kireçtaşı aratabakalarının kalınlaşması ve sayıca artması, şeyllerin de giderek yok olmasıyla sarımsı mavimsi gri masif kireçtaşlarına geçilir. Bu birim üste doğru ince ardışımı mikritik kireçtaşı alacalı-sarımsı kahve şeyl ardışım, haline gelir. İşte bu istif Önalın (1982) tarafında Tuzla Formasyonu olarak ayırtlanmıştır. Genel olarak mavimsi gri renkli kireçtaşı, kahverengimsi şeyl, pembemsi alacalı şeyl ve yumru bantlı kireçtaşlarından oluşmuştur. Genel olarak örtü şeklinde bir geometriye sahip olan formasyon alt ve üstteki birimlerle tedrici geçişlidir. Gebze'nin güneyinde E-5 karayolu yarmalarında, Arapçeşme deresinde ve Değirmenderesi boyunca tipik mostralar vermektedir. Önceki çalışmalara göre formasyon Orta-Üst Devoniyen (Eyfeliyen-Fameniyen; Önalın, 1982; Kaya , 1973; Haas, 1968; Kullman, 1973) yaşındadır.

Baltalimanı Formasyonu (Cb)

İstanbul ve Kocaeli yarımadaalarında Tuzla çevresinde, Kartal'ın kuzey batısında İçerenköy ve Beylerbeyi sirtlarında ve en yaygın olarak da Baltalimanı-Tarabya arasında yüzeyleyen; alttaki Tuzla Formasyonu üzerinde tedrici geçişle başlayan bir Radiolaria'lı çörtler veya liditler bulunur. Bunlar Kaya (1973) tarafından " Baltalimanı Formasyonu" olarak ayırtlanmış ve adlanmıştır. Mostrada genellikle gravite kaymalarının neden olduğu sık kayma kıvrımlı bir zon şeklinde izlenir. Ayrıntıda siyah renkli, çok ince tabakalı ve paralel laminalı çörtlerden veya liditlerden oluşmuştur. İnce kesitte bol Radiolaria fosilleri içeren çok ince kristalli silis agregatı şeklindedir. Bunlar içinde

yaygın olarak elipsoidal şekilli fosfat yumruları gözlenir. Diyajenez sonrasında yoğun şekilde kırıklandıkları hemen hemen her mostrada gözükten bir özelliktir. Yumruların içi yoğun şekilde Radiolaria kavkılılarıyla kaplıdır.

Baltalimanı Formasyonu'nda yoğun izlenen kayma kıvrımları bu birimin eğimli bir yüzey üzerinde ve olasılıkla karbonat duyarlılık sınırının (yaklaşık 4000 m.) altındaki derinliklerde çökeldiğini vurgulamaktadır. Çok uzun mesafelerde değişmeden izlenen ince paralel laminasyonu da çökeltme ortamı enerjisinin son derece düşük olduğunu belgelemektedir. Fosfat yumruları çökeltmenin son derece yavaş cereyan ettiğini ve deniz tabanının zaman zaman çökeltmezlik yüzeyi haline dönüştüğünü belgeler. Formasyon içindeki yaygın kayma kıvrımlanması, çökeltmeyi hemen izleyen evrede, olasılıkla kara bölgesini de kapsayan şiddetli sismik aktivite ile okyanusun kapanma evresinin başladığını ifade etmektedir. Diğer taraftan, çört çökeltiminin kesilerek ve kırıntı çökeltiminin başlaması bu olayı kanıtlayan bir başka olgudur. Formasyon 25-30 m kalınlıklı olup, genel geometrisi örtü şeklindedir. Alt ve üstteki birimlerle sınırları uyumludur. Önceki çalışmalarda içinde bulunmuş Radiolaria fosilleriyle Alt Vizeen yaşında olduğu saptanmıştır (Abdüsselamoğlu 1963).

Trakya Formasyonu (Kt)

Bu istif Kaya (1978) tarafından Trakya Formasyonu olarak adlanmış ve ayırtlanmıştır. Formasyonun yaşı Alt Karbonifer olarak kabul edilmiştir. Formasyon genelde ince tabakalı ve paralel laminalı şeyllerden oluşmuştur. Bunlar içinde değişik stratigrafik düzeylerde ve lokalitelerde sarımsı kahverengi kumtaşı, çakıllı kumtaşı ve mercekli çakıllı 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 konvolüt laminasyon ile üst paralel laminasyon zonları yaygın olarak izlenir. Üstten şeyle 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 mostralara vermektedir.

Çukurçeşme Formasyonu (Smc)

Halkalı Gurubu'nun en yaşlı üyesi olan bu formasyon ilk kez Sayar (1976) tarafından en gelişmiş şekliyle görüldüğü Rami kuzeyindeki Çukurçeşme yöresine izafeten "Çukurçeşme Formasyonu" olarak adlanmıştır. İstanbul yarımadasında Haliç-Büyükçekmece arasında düzenli bir seri halinde, kuzeye doğru Kemerburgaz-Kilyos arasında ise, genellikle tepelerin en üst kesimlerinde münferit mostralara şeklinde yaygın yüzlekleri mevcuttur. En yaygın ve sürekli izlendiği bir alan ise, Silivri kuzeyinde Çerkezköy-Danamandra-Ihsaniye-Fener-Sinekli-Yolçatı köyleri çevresidir.

Genelde blok-çakıl-kum'dan oluşmuştur. Bu litolojiler birbirleriyle aşınmalı yüzeylerle ilişkili mercekler şeklinde ve büyük ölçekli düzlemsel ya da tekne tipi çapraz tabakalıdır. Bazı merceklerin en üst kesimlerinde ince kil tabakaları bulunmaktadır. Karasal örgülü akarsu ortamında çökeltilmiş bu kesimde maksimum tane boyu 35 cm, kumlar içinde de orta-kaba kumdur. Bu örgülü akarsu fasiyesinin kalınlığı ortalama 35-40 m civarındadır. Fakat, yerel olarak büyük farklılıklar gözlenmiştir.

Bu fasiyesin üstünde devresel gelişmiş bir diğer akarsu fasiyesi daha mevcuttur. Devreler, menderesli akarsularda izlendiği gibi, alt yüzleri aşınmalı ve kanallı, yaygın olarak büyük ölçekli düzlemsel çapraz tabakalı kum matriksli çakıl ve bloklarla başlar. Çapraz tabakalaşmanın yukarı doğru ölçeği küçülür. Litoloji de çakıllı kum halini alır. En üst kesimde mikro çapraz laminalı ince

kumlar izlenir. Tane boyunun giderek incelmesi ile kızılımsı kahverenkli çamurlara geçilir. Bu şekilde birçok devre birbiri üzerinde görülür. Formasyonun en üst kesiminde mikro çapraz ve paralel laminalı silt ve killer egemendir. Kumlar genel olarak mercekseldir. İstifte yukarı doğru killerin egemen olmasıyla Güngören Formasyonu'na geçilir. Formasyon tüm yaşlı birimler üzerinde açılı uyumsuz olarak bulunur. Genel geometrisi örtü şeklindedir. Maksimum kalınlığı Silivri kuzeyinde 75-80m.'dir.

Formasyon içinde literatürde "Küçükçekmece Faunası" olarak bilinen omurgalı faunası (Sayar ve Pamir, 1933; Sayar, M.,1951) bulunmaktadır. Bu fauna formasyonun Sarmasiyen'de (Üst Miyosen) depolandığını ortaya koymuştur.

Belgrad Formasyonu (Nb)

Bu formasyon Önalın(1982) tarafından Belgrad Formasyonu olarak adlandırılmış olup, yaşı Tersiyerdir. Belgrad Formasyonu litolojik olarak iki ayrı özellikte görülür.

1. Değişik boyda (0.5-25cm), çoğu 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.
2. 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 açıl uyumsuzlukla gelmiş ve bu birimleri örter niteliktedir.

Alüvyon (Al)

Alüvyonlar derelerin denize döküldüğü yerlerde, teşekkül etmiştir. Materyal derelerin geçtiği yerlerde aşındırdığı taşların münavebe ile çakıl, kum, kil olarak yığılmasından oluşmuştur. Gebze civarında Çakaldere, Çamaşırderesi, Değirmendere ve Eskihisar deresinde muhtelif yayılım ve kalınlıklar sunar. Alüvyonlar derelerin denize döküldüğü yerlerde, teşekkül etmiştir. Materyal derelerin geçtiği yerlerde aşındırdığı taşların münavebe ile çakıl, kum, kil olarak yığılmasından oluşmuştur. Gebze civarında Çakaldere, Çamaşırderesi, Değirmendere ve Eskihisar deresinde muhtelif yayılım ve kalınlıklar sunar.

İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

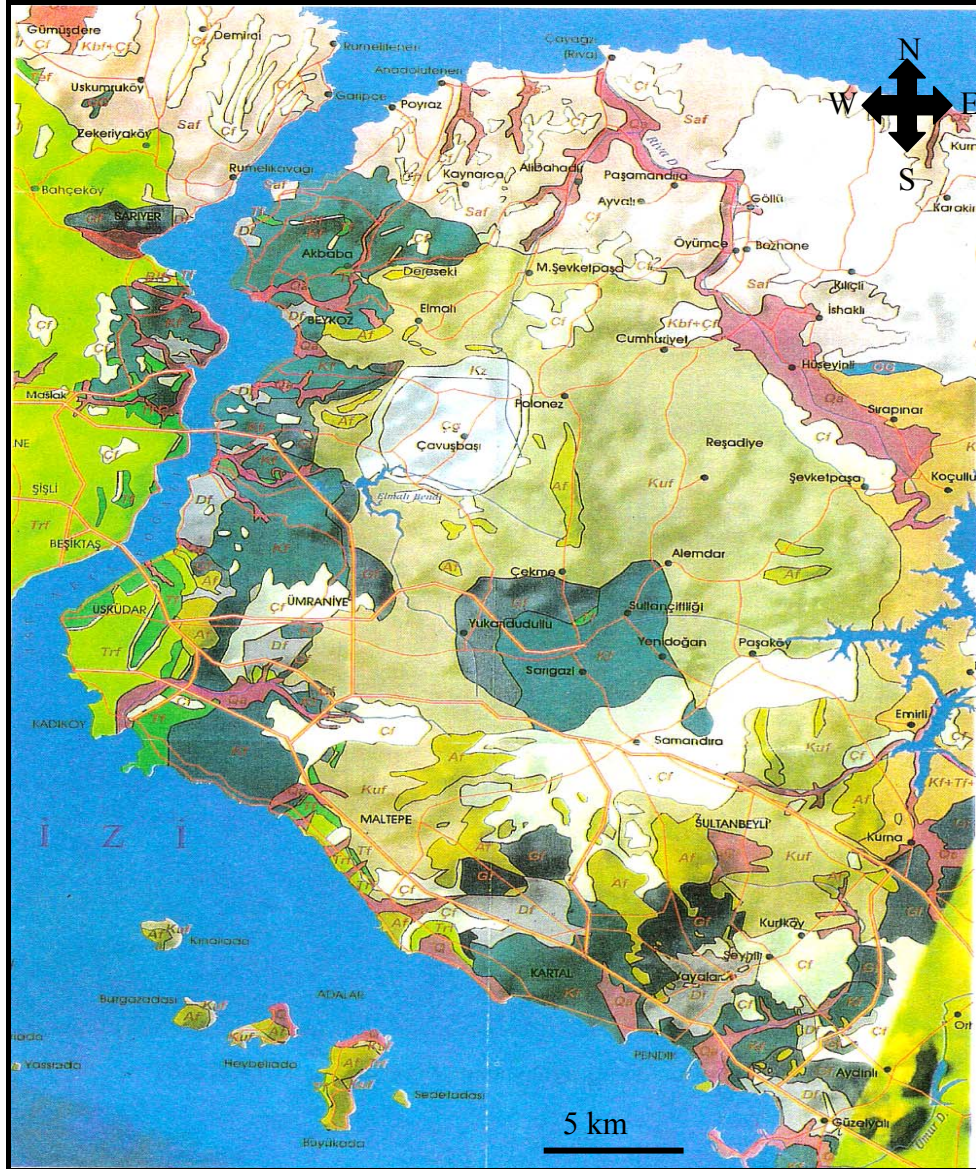
İnceleme alanında yukarıda değinilen Kartal formasyonu ile alüvyonlar yer almaktadır.

TEKTONİK

Marmara Graben sistemi içerisinde değerlendirilen bölge Pontidlerin batı kesiminde yer alan Armutlu yarımadası'nda bulunmaktadır.

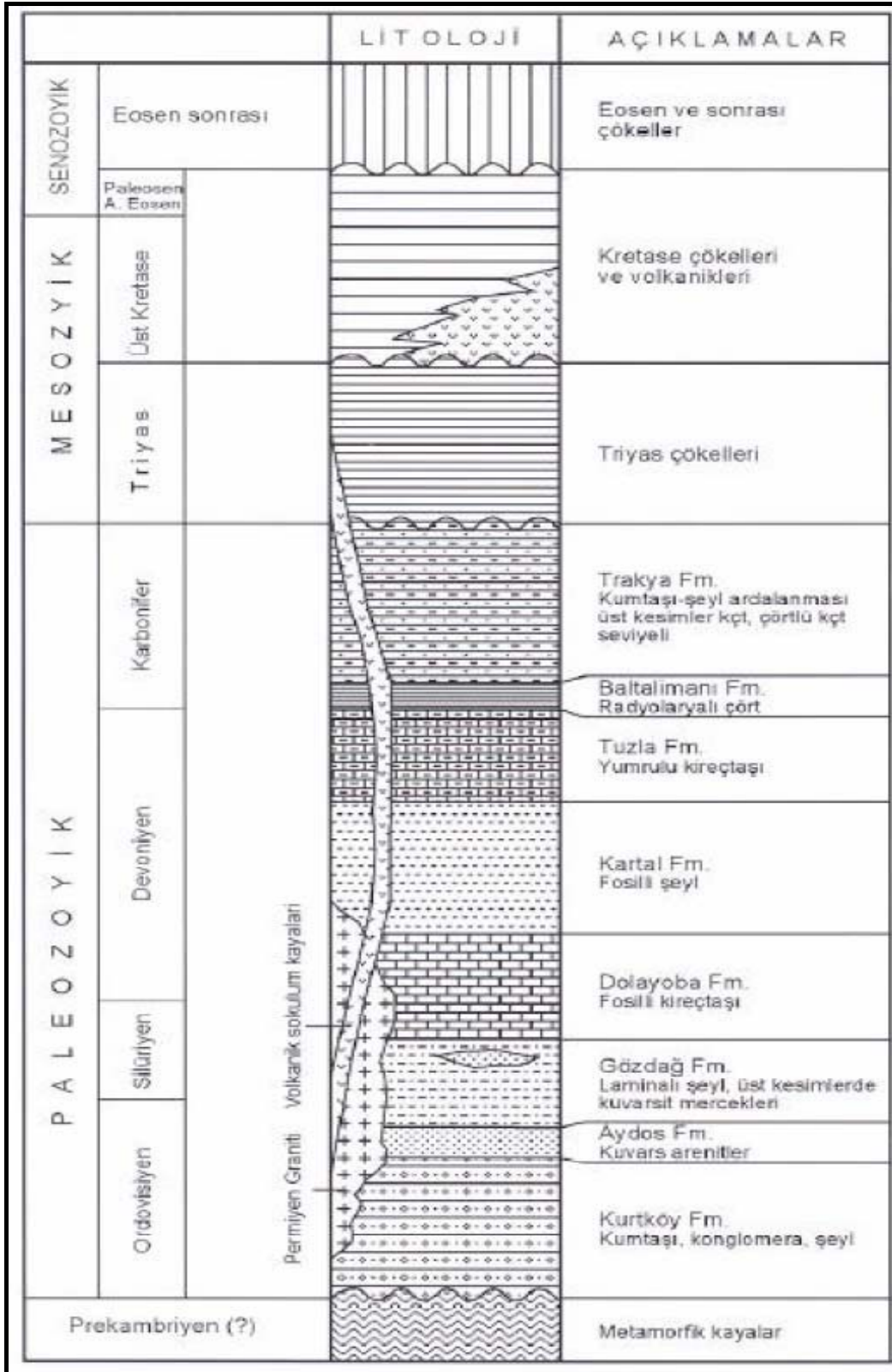
Bölge, Kuzeyde horst özelliğinde Kocaeli, graben özelliğindeki İzmit Körfezi, güneyde Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile sınırlanan horst özelliğindeki Armutlu yarımadası ve bu horst-graben sistemini oluşturan KAF' na paralel gelişmiş tali faylarla birlikte karmaşık yapısal unsurlar taşımaktadır.

Kuzeydeki Kocaeli ile güneydeki Armutlu yarımadası horstları jeomorfolojik açıdan çok belirgin ayrıcalıklar göstermektedir. Göreceli olarak uzun ve dar çöküntü alanı konumundaki İzmit Körfezi grabeni, denizel-karasal fasiyes geçişli güncel sedimantasyon ortamı durumundadır. Kuzey Anadolu Fay Zonu'na ait kollarla sınırlanan Armutlu yarımadası kuzeyde İstanbul Zonu'na ait kaya toplulukları ile güneyde Sakarya Zonu'na ait kaya topluluklarının bir araya geldiği önemli bir konuma ve Paleozoyik'ten günümüze değin farklı zaman aralıklarında oluşmuş metamorfik, magmatik ve sedimanter birimlerden oluşan bir jeolojiye sahiptir.



Şekil 2. Bölgenin genel jeoloji haritası. Burada Al: alüvyon, N_B: Belgrad fm., S_{mb}: Bakırköy fm., S_{mg}: Güngören fm., S_{mc}: Çukurçeşme fm., K_t: Trakya fm., C_b: Baltalimanı fm., T_{rf}: Tuzla fm., D_k: Kartal fm., S_{Da}: Dolayoba fm., G_f: Gözdağ fm., A_f: Aydos fm., K_{uf}:Kurtköy fm (Atlas, 2000)

Figure 2. Geology map of investigation area. Where Al: Alluvium, N_B: Belgrad fm., S_{mb}: Bakırköy fm., S_{mg}: Güngören fm., S_{mc}: Çukurçeşme fm., K_t: Trakya fm., C_b: Baltalimanı fm., T_{rf}: Tuzla fm., D_k: Kartal fm., S_{Da}: Dolayoba fm., G_f: Gözdağ fm., A_f: Aydos fm., K_{uf}:Kurtköy fm (Atlas, 2000)



Şekil 3. Genelleştirilmiş stratigrafik kesit (<http://www.cedgm.gov.tr>)

Figure 3. Generalized stratigraphic section (<http://www.cedgm.gov.tr>)

Bölgenin temel kayası Permiyen öncesinde oluşmuş metamorfiklerdir. Bu seri altta gnays, mika şist, amfibol şist ile serisit şist, klorit şistlerle başlar, kuvarsit, rekristalize kireçtaşları ve mermerlerle son bulur. Kristalen şistler Hersiniyen öncesi hareketlerin etkisiyle kıvrılmıştır. Bu serinin üzerine yine diskordansla Paleosen yaşlı filiş özelliğinde yer yer karbonatlı, killi volkan tüflü ve aglomeratik özellikli küçük çakıl seviyelerinden oluşan birim gelmektedir.

Paleosen ve Eosen tabakalarının Alpen orojenezin Pirene fazında kıvrılmış olduğu kabul edilmektedir. Miyosen yaşlı kireçtaşları konglomera ve gre tabakaları ile Eosen üzerine oturur. Bu birimin üzerine diskordans olarak Pliyosen yaşlı marn, kil, kum ve çakıldan oluşan tutturulmamış çökeller gelir. Bu klastik malzemenin arasında yukarı doğru bazen çok kalınlaşan kalkerli seviyeler yer almaktadır. Pliyosen sonrasında Alpen hareketlerle bu devre ait tabakalar ilkel durumlarını kaybetmiş Armutlu yarımadası tamamen kara haline gelmiştir. Bu orojenik safhada büyük faylanma ve çökme olayları oluşmuştur.

Gerek bölgedeki taraçalar gerekse İzmit körfezi civarında oluşan depremler Alpen hareketlerin Armutlu yarımadası ve yakınlarında devam etmekte olduğunu göstermektedir.

ARAZİ ARAŞTIRMALARI VE DENEYLER

Temel Araştırma Sondajı

İnceleme alanında zemin profilini ve zeminlerin litolojik özelliklerini, düşey doğrultudaki değişimlerini ve yeraltı suyu durumu ile mühendislik parametreleri gibi bilgileri belirleme amacına yönelik olarak derinlikleri 18.50-20.00 m olan 4 adet temel araştırma sondajı yapılmış, delgi sırasında düzenli numune alınarak zeminin mühendislik parametreleri elde edilmiştir. Sahada gerçekleştirilen temel araştırma sondajlarında her 1.5 m bir SPT testleri ile örselenmiş zemin örneği alınarak ilerlenmiştir.

ARAZİ DENEYLERİ

Standart Penetrasyon Deneyi

Sahada gerçekleştirilen sondaj çalışmalarında yapılan Standart Penetrasyon Testininde (SPT) elde edilen N_{30} değerleri Çizelge 1 de verilmiştir. İnceleme alanında yer alan siltli kil biriminin zemin grubu CL – CH olup, kıvam “çok yumuşak-katı” olarak bulunmuştur.

LABORATUAR DENEYLERİ VE ANALİZLER

Labaratuar Deneyleri

Yapı temelinin oturduğu ortamın fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için alınan örselenmiş (SPT) ve örselenmemiş (UD) numuneleri üzerinde elek analizleri, kıvam limitleri, su içeriği ve birim ağırlık deneyleri, inceleme alanında yapılan sondaj ile laboratuvar deney çalışmaları; Bayındırlık şartnameleri ve BS 5930 “Code of practice for site investigations” zemin araştırma şartnamelerine uygun olarak yürütülmüştür. İnceleme alanında yer alan zemin örneklerine yapılan elek analizi deneyleri sonuçlarına göre elde edilen % çakıl, kum, silt ve kil değerleri Çizelge 2 de verilmiştir. Çalışma alanında zeminin % su içeriği ise % 27.54 ile % 37.49 arasında hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Sondajlardan elde edilen SPT deney sonuçları ve örnekleri
Table 1. SPT experiment results and samples obtained from drillings

SK-1					SK-2				
Derinlik (m)	15	30	45	N30	Derinlik (m)	15	30	45	N30
1,5	2	4	4	8	1,5	2	2	3	5
2,0	UD				2,0	-			
3,0	1	1	1	2	3,0	1	2	1	3
4,5	2	2	1	3	4,5	1	2	3	5
6,0	2	1	1	2	6,0	1	2	2	4
7,5	1	1	2	3	7,5	2	2	2	4
9,0	1	2	1	3	9,0	2	2	3	5
10,5	2	2	4	6	10,5	2	3	3	6
12,0	3	5	6	11	12,0	4	5	4	9
13,5	4	5	5	10	13,5	3	4	6	10
15,0	3	6	6	12	15,0	5	5	7	12
SK-3					SK-4				
Derinlik (m)	15	30	45	N30	Derinlik (m)	15	30	45	N30
1,5	2	2	4	6	1,5	2	2	3	5
2,5	UD				3,0	1	1	1	2
3,0	2	3	3	6	4,5	2	3	3	6
4,5	2	2	3	5	5,0	UD			
6,0	1	1	2	3	6,0	1	3	4	7
7,5	2	2	2	4	7,5	3	2	3	5
9,0	3	3	4	7	9,0	4	4	3	7
10,5	2	2	1	3	10,5	4	4	5	9
12,0	2	3	3	6	12,0	3	5	6	11
13,5	3	4	4	8	13,5	4	4	5	9
15,0	-				15,0	4	5	6	11

Çizelge 2. % Çakıl - kum - kil ve silt oranları
Table 2. % gravel-sand-clay and silt ratios

	Min.	Max.	Ort.
% Çakıl	0,00	4,70	0,28
% Kum	13,02	32,91	20,47
% Kil-Silt	67,09	86,98	79,26

Atterberg Deneyleri

Sondaj kuyularından toplanan zemin örnekleri üzerinde Atterberg (kıvam) deneyleri yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

Üç Eksenli Basınç Deneyi

İnceleme alanında yapılan sondaj çalışmasında çeşitli derinliklerden alınan örselenmemiş (UD) örnekleri üzerinde üç eksenli basınç deneyi sonucunda birime ait kohezyon (c) 16-18 kPa arasında, içsel sürtünme açısı ise (ϕ), 2^0 bulunmuştur.

Çizelge 3. Fiziksel özellikler (LL-PL-PI-%Wn-Cc-Ic)
Table 3. Physical characteristics (LL-PL-PI-%Wn-Cc-Ic)

	MİN.	MAX.	ORT.
Likit Limit - LL	38,64	58,13	46,37
Plastik Limit - PL	16,24	24,73	20,53
Plastisite İndisi - PI	20,75	36,50	25,84
Doğal Su İçeriği - %W	27,54	37,49	32,91
Sıkışma İndisi - Cc	0,26	0,43	0,33
Kıvamlılık İndisi - Ic	0.10	0,82	0.46

Zeminlerin Fiziksel / İndeks Özellikleri

İnceleme alanında yer alan birimler jeoteknik ve temel mühendisliği açısından değerlendirilmiş olup, Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. İnceleme alanında yer alan zeminlerin indeks özellikleri
Table 4. Index characteristics of soils in the investigation area

Sondaj No	Numune	Derinlik (m.)	Su İçeriği (%)	Zemin Sınıfı	Atterberg limitleri			Sıkışma İndisi (Cc)	Kıvamlılık İndisi (Ic)	Kıvam	Sıkışabilirlik	Şişme	Kuru Dayanım	Genleşme
					LL	PL	PI							
					(%)	(%)	(%)							
SK-1	SPT-1	1.50-1.95	30,16	CL	40,08	17,43	22,65	0,36	0,44	Sıkı	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yok-Çok Yavaş
SK-1	UD	2.00-2.50	37,10	CL	38,64	23,61	15,03	0,35	0,10	Yumuşak	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yok-Çok Yavaş
SK-1	SPT-3	4.50-4.95	35,42	CL	46,85	22,64	24,21	0,42	0,47	Sıkı	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yok-Çok Yavaş
SK-1	SPT-5	7.50-7.95	32,09	CH	56,84	20,34	36,50	0,51	0,68	Sıkı	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yavaş-Yok
SK-1	SPT-8	12.00-12.45	27,69	CL	47,21	18,65	28,56	0,42	0,68	Sıkı	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yok-Çok Yavaş
SK-2	SPT-1	1.50-1.95	35,21	CL	42,73	19,24	23,49	0,38	0,32	Sıkı	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yok-Çok Yavaş
SK-2	SPT-2	3.00-3.45	33,46	CL	40,88	17,96	22,92	0,37	0,32	Sıkı	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yok-Çok Yavaş
SK-2	SPT-4	6.00-6.45	36,82	CH	58,13	22,38	35,75	0,52	0,60	Sıkı	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yavaş-Yok
SK-2	SPT-6	9.00-9.45	30,16	CH	54,17	24,71	29,46	0,49	0,82	Sert	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yavaş-Yok
SK-2	SPT-9	13.50-13.95	28,44	CL	47,99	21,56	26,43	0,43	0,74	Sıkı	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yok-Çok Yavaş
SK-3	UD	2.50-3.00	33,16	CL	40,82	20,07	20,75	0,37	0,37	Sıkı	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yok-Çok Yavaş
SK-3	SPT-3	4.50-4.95	37,10	CL	43,62	19,63	23,99	0,39	0,27	Sıkı	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yok-Çok Yavaş
SK-3	SPT-5	7.50-7.95	31,64	CL	48,21	23,57	24,64	0,43	0,67	Sıkı	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yok-Çok Yavaş
SK-4	SPT-1	1.50-1.95	35,78	CL	40,08	18,72	21,36	0,36	0,20	Yumuşak	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yok-Çok Yavaş
SK-4	UD	5.00-5.50	37,49	CL	45,29	20,04	25,25	0,41	0,31	Sıkı	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yok-Çok Yavaş
SK-4	SPT-6	9.00-9.45	30,19	CH	52,70	24,73	27,97	0,47	0,80	Sert	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yavaş-Yok
SK-4	SPT-8	12.00-12.45	27,54	CL	43,97	21,09	22,88	0,40	0,72	Sıkı	Orta	Yok-Çok Az	Hızlı-Yavaş	Yok-Çok Yavaş

Kıvamlilik İndisi $I_c = 0.10-0.82$ değeri yeraltındaki tabakaların “yumuşak - sert” kıvamda (Çizelge 5). Zemin sıkışabilirliği $C_c = 0.35-0.52$ değeri ise zeminin “orta-yüksek sıkışabilir” (Çizelge 6) olduğunu, zemin plastisitesi $PI = 15.03-36.50$ değeri tabakaların plastik derecesinin “plastik” ve kuru dayanımının “orta” derecede bulunduğunu belirtmektedir (Çizelge 7).

Çizelge 5. Kohezyonlu zeminlerin kıvamlilik indisine göre sınıflandırılması
Table 5. Classification of cohesive soils based on consistency

Kıvamlilik İndisi (I_c)	Sınıflama
< 0.05	Çok yumuşak
0.05-0.25	Yumuşak
0.25-0.75	Sıkı
0.75-1.00	Sert
>1.00	Çok sert

Çizelge 6. Zeminlerin sıkışabilirliği (Sowers, 1979)
Table 6. Compressibility of soils (Sowers, 1979)

Tanım	Sıkışma İndisi (C_c)	Likit Limit
Düşük sıkışabilirlik	0-0.19	0-30
Orta sıkışabilirlik	0.20-0.39	31-50
Yüksek sıkışabilirlik	> 0.40	> 51

Çizelge 7. Plastisite derecesinin plastisite indisine göre belirlenmesi (Leonards, 1962)
Table 7. Determination of plasticity degree according to plasticity index (Leonards, 1962)

Plastisite indisi, PI (%)	Plastisite derecesi	Kuru dayanım
0-5	Plastik değil	Çok düşük
5-15	Az plastik	Düşük
15-40	Plastik	Orta
>40	Çok plastik	Yüksek

Elde edilen bu veriler Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS)’e göre değerlendirildiğinde ince taneli zeminler için zemin sınıfı CL-CH (orta plastisiteli kil) olarak bulunur. Zemin sınıfı, İnce taneli zeminlerin kuru dayanım, genleşme ve sağlamlık özellikleri, (Ulusay, 2001) ‘ ne göre değerlendirildiğinde (Çizelge 8) kuru dayanım “orta- çok yüksek”, Genleşme özelliği “yok – çok yavaş”, sağlamlık “orta; çok az-yüksek” olarak bulunur. Zemin plastisitesi $PI= 15.03-36.50$ değeri zeminlerin şişme derecesinin “orta-yüksek” ve şişme yüzdesinin “10 – 20; 20-30” olduğunu göstermektedir (Çizelge 9).

JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Sismik Kırılma Çalışması

Sismik kırılma çalışması 4 noktada; P dalgası hızları için düz ve ters, S dalgası hızları için düz atışlar yapılarak tamamlanmıştır. Bu çalışmada, GEOMETRICS model, 12 kanallı sismik kırılma cihazı kullanılmıştır. Çalışmalarda jeofon aralığı ve ofset 2m olarak belirlenmiştir. Yapılan sismik kırılma çalışmaları sonucunda yüzeyde P-ve S-dalgı hızları V_{p1} : 440-549 m/s ve V_{s1} : 160-199 m/s olan ve derinliği 1.47-1.92 m arasında değişen örtü tabakası tespit edilmiştir. Örtü tabakasının

altında ise P-ve S- hızları, V_{p2} : 652-681 m/s ve V_{s2} : 256-267 m/s arasında değişen bir katman tespit edilmiş ve kuyu verilerinden siltli kil olarak yorumlanmıştır. Tabakalara ait dinamik mühendislik parametreleri Çizelge 10’da verilmektedir.

Çizelge 8. İnce taneli zeminlerin kuru dayanım, genleşme ve sağlamlık özellikleri (Ulusay, 2001)

Table 8. Dry consistency, expansion and solidity characteristics of fine grained soils (Ulusay, 2001)

Zemin Grubu	Kuru Dayanım (Ezilme Özelliği)	Genleşme (Sallamaya karşı reaksiyon)	Sağlamlık (Katılık) (Plastik limit)
ML	Yok - çok az	Hızlı - yavaş	Yok
CL	Orta - yüksek	Yok - çok yavaş	Orta
OL	Çok az - orta	Yavaş	Çok az
MH	Çok az - orta	Yavaş - yok	Çok az - orta
CH	Yüksek - çok yüksek	Yavaş - yok	Çok az - yüksek
OH	Orta - yüksek	Yok - çok yavaş	Çok az - orta

Çizelge 9. İndeks özelliklerine göre zeminlerin şişme yüzdesi ve derecesi (Holtz ve Gibbs, 1956)

Table 9. Swelling ratio and degree of soils according to index characteristics (Holtz ve Gibbs, 1956)

İndeks Özellikleri			Şişme	Şişme
Kolloid % (> 0.001mm.)	Plastisite İndisi	Büzülme (Rötire) Limiti	Yüzdesi	Derecesi
>28	>35	<11	>30	Çok yüksek
20-31	25-41	7-12	20-30	Yüksek
13-23	13-28	10-16	10-20	Orta
<15	<10	>15	<10	Düşük

Yerin yerel zemin sınıfı (Z_4) ve zemin grubu (D) olarak belirlenmiş olup, sıklığı ise Poisson oranı dikkate alınarak (Çizelge 11) “çok gevşek” bulunmuştur.

Özdirenç Çalışması

İnceleme alanında maksimum 450 volt potansiyele haiz GEOTRON tipi digital çıkışlı sığ rezistivite cihazı kullanılarak Schlumberger ölçü dizilim sisteminde 20m derinlere nüfus eden 4 adet düşey elektrik sondaj ölçüsü alınmıştır. Arazi eğrilerini değerlendirmek için bilgisayar destekli çözüm yöntemi kullanılmıştır. Üstte yer alan örtü tabakasının özdirenci 30-40 Ω m ve altta yer alan kil tabakasının özdirenci ise 15-30 Ω m arasında değişmektedir. Düşük özdirenç değerleri ince taneli killi ve kil hâkim malzemeli formasyonları belirtmekte ve dolayısıyla da yeraltı suyu olanakları açısından zayıf kısımları göstermekte, yüksekçe özdirenç değerli kısımlar ise kumlu - çakıllı ve bunların nispeten hâkim olduğu seviyelere karşılık gelmektedir.

Çizelge 10. Yeraltı tabakalarına ait belirlenen dinamik mühendislik parametreleri
Table 10. Dynamic engineering parameters determined for underground layers

Zemin Parametresi	Sembol	Birim	1.tabaka	2.tabaka
P dalga hızı	Vp	m/s	494	666
Tabaka derinliği	H	m	1.69	
S dalga hızı	Vs	m/s	179	261
Yoğunluk	d	gr/cm ³	1.70	1.71
Poisson oranı	σ	-	0.42	0.41
Kayma modülü	G	Kg/cm ³	544	1181
Elastisite modülü	E	Kg/cm ³	1551	3328
Bulk modülü	K	Kg/cm ³	3420	6113
Hakim titreşim periyodu	To	Sn	0.79	
Zemin emniyet gerilmesi	qs	Kg/cm ³	0.73	1.09
Yatak katsayısı	Ks	t/m ³	1611	2216
Zemin büyütmesi	Zb	-	3.3	

Çizelge 11. Poisson sınıflaması ve hız oranı karşılaştırması (Ercan, 2001)
Table 11. Poisson classification and velocity ratio comparison (Ercan, 2001)

POISSON ORANI	SIKILIK	Vp/Vs
0.50	CIVIK SIVI	∞
0.40 - 0.49	ÇOK GEVŞEK	∞ - 2.49
0.30 - 0.39	GEVŞEK	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

ZEMİNLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Zemin Taşıma Gücünün Değerlendirilmesi

Çalışma alanındaki birimlerin taşıma kapasitesini tespit etmek amacıyla sondaj kuyusundan alınan örselenmemiş (UD) numuneleri üzerinde laboratuarda yapılan Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyinden elde edilen veriler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre; Yüzeysel temeller için nihai taşıma gücü (Terzaghi, 1948).

$$q_u = K_1 \times c \times N_c + D_f \times \gamma_1 \times N_q + K_2 \times \gamma_2 \times B \times N_\gamma \quad (1)$$

bağıntısından yararlanarak hesaplanır. Bu bağıntıda; q_u : Taşıma gücü; c : Kohezyon; N_c , N_q , N_γ : Taşıma gücü katsayıları; D_f : Temel derinliği; B : Temel genişliği; γ_n : Birim hacim ağırlığı ve K_1 - K_2 : Temel şekline bağlı katsayılarıdır. Burada yer alan değişkenlerin sayısal değerleri kullanılarak zemin emniyet gerilmesi $q_{all} = 0.48-0.52 \text{ kg/cm}^2$ olarak hesaplanmıştır.

MÜHENDİSLİK ANALİZLERİ VE DEĞERLENDİRMELER

Bina - Zemin İlişkisinin İrdelenmesi

Çok Katlı Betonarme Binaların Doğal Periyotlarının Bulunması ve Yapı – Yer Uyumunun Sağlanması

Betonarme binalar rijitliklerine göre beş gruba ayrılmıştır (Çizelge 12). 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 Uyum’ yapıda gereksiz ‘zonlanma’ ların oluşmasını daha işin başında önlemeye yönelik olarak, birtakım basitleştirmelerle, “yapı doğal periyodunun yerin baskın periyot bölgesinden uzak kılınması”na indirgenebilir. Yeterli uzaklaşmanın kriteri olarak da “yapı periyodunun, yer baskın periyot değerinin $1.0/1.5 = 0.67$ ’ si ile 1.5 katı arasındaki bölgede bulunmaması” koşulu ileriye sürülebilmektedir.

Çizelge 12. Çok-katlı betonarme binaların rijitlik gruplarına göre tanımları ve doğal periyot formülünde kullanılacak c katsayıları

Table 12. Defination of multi-floors reinforced concrete buildings according to rigidity groups and c coefficients which will be used in natural period equation

GRUP NO	BİNA YAPISININ 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 rijiy 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 periyotları’ nın yer almaması gereken ‘amplifikasyon bölgesi’ nin; $T_0 = 0.79$ sn için;

$$T_{01} = 0.67 \times 0.79 = 0.53$$

$$T_{02} = 1.5 \times 0.79 = 1.19$$

arasında olduğu bulunmuştur.

‘c’ katsayılarını kullanarak ‘yapı doğal periyotları’ nın yer alacağı aralık’ ise; III nolu gruba giren ve zemin + 3 katlı betonarme binalar için hesaplanacak olursa, T_a ve T_b ;

$$T_a = 0.045 \times 4 = 0.18 \text{ sn}$$

$$T_b = 0.069 \times 4 = 0.27 \text{ sn}$$

olarak bulunmuştur.

Sıvılaşma Potansiyeli

Sıvılaşma, uniform daneli, gevşek silt ve ince kum boyutu ve suya doygun zeminlerde deprem esnasında gözlenen bir jeoteknik olaydır. Sıvılaşma riski olan zeminler, genelde pekişmemiş ince orta taneli (silt ve kumlar) granüler zeminler ile yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu zeminlerdir. Çin kriterlerine göre (Wang, 1979);

0.005 mm'den daha ince tane oranı \leq %15,
Likit Limit, $LL \leq$ %35,
Doğal su İçeriği, $W_n \geq 0.9LL$,
Sıvılaşma İndisi ≤ 0.75 ,

koşullarını sağlayan zeminlerde sıvılaşma meydana gelmektedir.

İnceleme alanında CL – CH sınıfı, ince taneli zeminler yer aldığından zeminler sıvılaşma kriteri dışında kalmaktadır.

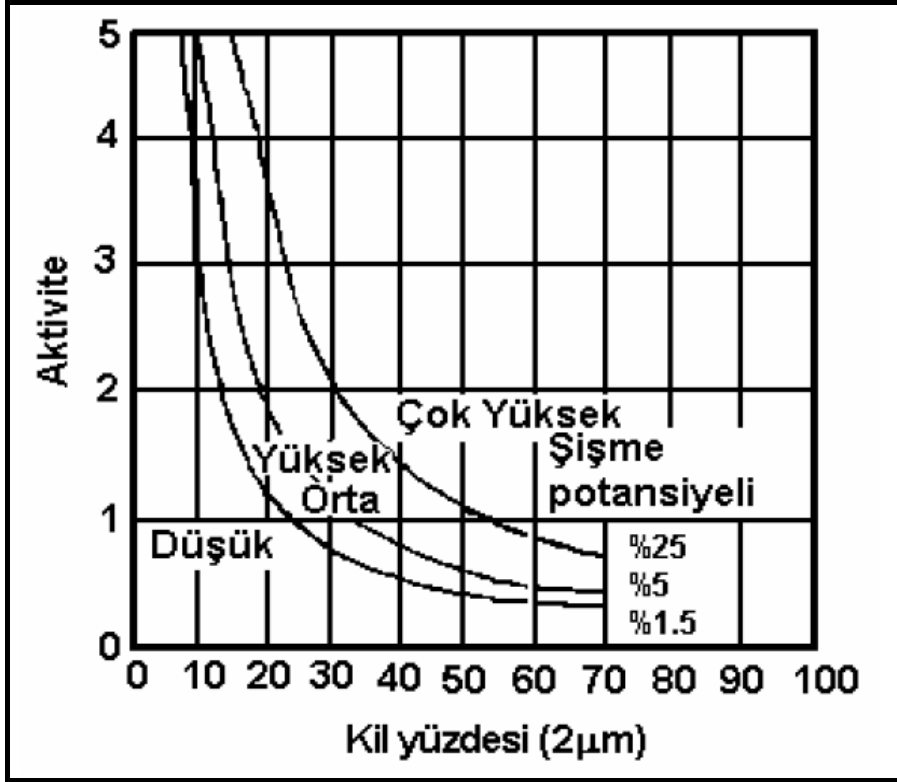
Zeminlerin Şişme özellikleri:

Şişme daha çok hafif yapılara, yol kaplamalarına ve kanal astarlarına zarar vermektedir. Şişme basıncı 40-50 m kalınlığındaki dolgunun sağladığı basınca eşdeğer olan 1000 kPa'ya varan büyüklüklere çıkabilmektedir. 100-200 kPa gibi orta derecedeki şişme basınçları 5-6 m kalınlığındaki dolguları etkileyebileceğinden, temel zeminde şişmeye karşı önlemler alınmalıdır. Ortalama bir binanın temele ileteceği basınç her bir kat başına yaklaşık olarak 10 kPa'dır. Bir zeminde zarar verici anlamda bir şişmenin meydana gelmesi üç şarta bağlıdır: (1) Zeminde montmorillonitin varlığı, (2) zeminin doğal su içeriğinin PL civarında olması ve (3) bir su kaynağının bulunması (Gromko,1974). Şekil 4'te şişme potansiyeli sınıflama grafiği verilmiştir. İnceleme alanında zeminlerin ince taneli zemin karakterinde olması ve çoğunluğunun CL-CH sınıfında olmasından dolayı zeminler şişme özellikleri bakımından da değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirilmede laboratuvar deney sonuçlarına göre elde edilen kil içerikleri ve likit limit değerlerine bakılarak killerin aktiviteleri konusunda yorumlama yapılmıştır. Van der Merve'ye (1964) göre killerin aktivite değerleri aşağıdaki bağıntıyla bulunmakta olup Şekil 5'te aktivite abağı ve Çizelge 13'te sınıflaması verilmiştir.

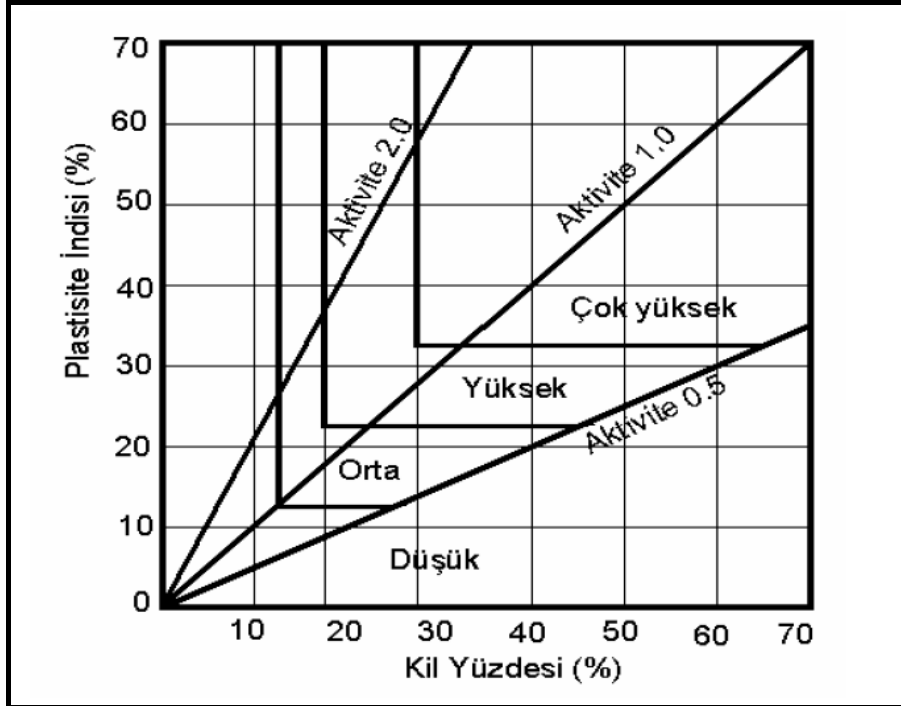
$$A \text{ (aktivite)} = \frac{\text{Plastisite İndisi (PI)}}{\%C - 5} \quad (2)$$

Burada, % C = Zeminin ağırlıkça kil içeriğidir.

Laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen kil içerikleri ve Atterberg limitleri sonuçlarına göre aktiviteleri hesaplanan numunelerde kil içeriklerinin % 67-86, likit limitlerinin % 38-58 arasında yer aldığı görülmektedir. Kil içerikleri ve likit limitleri göz önüne alındığında numuneler arasında fiziksel özelliklerin birbirine yakın olduğu düşünülebilir. Killerin aktivite değerleri sonucundan genelinen Van der Merve'ye (1964) göre aktivite yönünden incelenen kuyuların tamamının normal killer (İllit) sınıfına girdiği görülmüştür (Çizelge 13). Bu nedenle inceleme alanında etkin şişme özelliği gösteren birimlere rastlanmamıştır.



Şekil 4. Şişme potansiyeli sınıflama grafiği (Seed ve diğ, 1962)
Figure 4. Swelling potential classification plot (Seed ve diğ, 1962)



Şekil 5. Aktivite Abağı (Van Der Merve, 1964)
Figure 5. Activity chart (Van Der Merve, 1964)

Çizelge 13. Killerin aktivite değerlerine göre sınıflandırılması (Van Der Merve)
Table 13. Classification of clays based on activity values (Van Der Merve)

Aktivite	Sınıflama
< 0.75	Aktif olmayan killer (kaolinit)
0.75 – 1.25	Normal killer (illit)
> 1.25	Aktif killer (montmorillonit)

SONUÇ VE ÖNERİLER

İstanbul İli, Tuzla İlçesi'nde 95243 m² yüzölçüme sahip olan bir alanın yer mühendislik özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla jeolojik, jeofizik ve jeoteknik çalışmalar yapılmıştır. İnceleme alanında genelde grovak ve şeyl ardalımalı bir yapı oluşturan Devoniyen yaşlı Kartal Formasyonu yer almaktadır.

Yapılan sismik kırılma çalışmaları sonucunda yüzeyde P-ve S-dalga hızları V_{p1} : 440-549 m/s ve V_{s1} : 160-199 m/s olan ve derinliği 1.47-1.92 metre arasında değişen bir örtü tabakası tespit edilmiştir. Örtü tabakasının altında ise P-ve S- hızları, V_{p2} : 652-681 m/s ve V_{s2} : 256-267 m/s arasında değişen bir katman tespit edilmiş ve kuyu verilerinden siltli kil olarak yorumlanmıştır. İnceleme alanında yeraltı suyu derinliği 2.20-3.10 m civarında olup, mevsimlere göre değişeceği beklenmektedir. Çalışma alanında hakim titreşim periyodu $T_0=0.79$ ve zemin büyütmesi 3.3 olarak hesaplanmıştır.

İnceleme alanında örtü tabakasının altında yer alan birimin kıvamlılık İndisi $I_c= 0.10-0.82$ “yumuşak - sert”, zemin sıkışabilirliği $C_c = 0.35-0.52$ “orta-yüksek sıkışabilir”, zemin plastisitesi $PI = 15.03-36.50$ “plastik”, şişme derecesi “orta-yüksek” ve şişme yüzdesi “10 – 20; 20-30” ve kuru dayanım “orta” olarak tespit edilmiştir. İnceleme alanında çeşitli derinliklerden alınan örselenmemiş (UD) numuneleri üzerinde üç eksenli basınç deneyi sonucunda birime ait kohezyon (c) 16-18 kPa arasında, içsel sürtünme açısı ise $(\phi)= 2^0$ bulunmuştur.

(USCS)sınıflandırmasına göre ince taneli zeminler için zemin sınıfı CL-CH (orta plastisiteli kil) Zemin sınıfı, kuru dayanım “orta- çok yüksek”, Genleşme özelliği “yok – çok yavaş”, Sağlamlık “orta; çok az-yüksek” olarak tespit edilmiştir. İnceleme alanında CL – CH sınıfı killi birimler yer almakta olup, bu tip zeminler sıvılaşma kriteri dışında kalmaktadır. İnceleme alanında sıvılaşma beklenmemektedir

İnceleme alanında; zemin grubu D, yerel zemin sınıfı; Z^4 , ve $T_A=0.20$ sn - $T_B= 0.90$ sn olarak bulunmuştur.

KAYNAKLAR

ABDÜSSELAMOĞLU, M. Ş., 1977. The Palaeozoic and Mesozoic in the Gebze region- Explanatory text and excursion guidebook: 4 th Colloguium on the Aegean Region, Excursion 4. İTÜ Maden Fak., İstanbul.

ABDÜSSELAMOĞLU, Ş., 1963. İstanbul boğazı doğusunda mostra veren Paleozoik arazide Stratigrafik ve paleontolojik yeni müşahedeler, M.T.A. Derg., No. 603 s. 1-7, Ankara.

AFET İŞLERİ GEN. MÜD., 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik. 2 Eylül 1997 Tarih Ve 23098 Mükerrer Sayılı Resmi Gazete.

ALTINLI, İ. E., 1951. Geology of the Kayışdağ Region. Rev. Fac. Sci. r Univ. d'İstanbul, ser. B, t. XVI, fasc. 2, İstanbul.

ARIÇ, C., 1955. İstanbul Paleozoik arazisinde bulunan oolitle ve fosilli demir madeni, İst. Tek. Üniv. Neşr , İstanbul.

BAYKAL F. ve KAYA, O., 1965. Istanbul Silurieni hakkında, M.T.A. Derg., No. 64, s 1-8 Ankara.

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, Afet Bölgelerinde Yer Araştırma Yöntemleri, Bilgiler ve Kurallar, İ.T.Ü., Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

GROMKO, G. J., 1974. Review of expansive soil. J. of the Geoteek. Engineers, Am., Soc.of Civ. Enging. Vol. 100,, No. GT6, P..667-687.

HAAS. W., 1968. Das Alt Paleozoikum von Bithynien (Nordwest Türkei): N.Jb.Geol. Paleont. Abh., 131-2.60-68.

HOLTZ, W.G., GIBBS, H.J., 1956. Engineering Properties Of Expansive Clays, Transactions, ASCE, Vol. 121, pp. 641-677.

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

KAYA, O., 1973. Paleozoic of İstanbul: E.Ü.Mühendislik Fakültesi, No.40, 143. İzmir.

KAYA, O., 1978. Marmara Denizi doğu çevresinin yaşlı tektoniği: TPAO Arama Grubu Arşivi, Rap. 1020, Ankara.

KETİN, İ., 1959. Çamlıca bölgesinin tektoniği hakkında. Türk. Jeol. Kur. Bült., cilt VII, sayı 1, Ankara.

KETİN, İ., 1953. Tektonische Untersuchungen auf den Prenzeninseln nahe istanbul (Türkei). Sonderabdruck aus der Geol. Rund., Band 41.

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).

KULLMANN, J., 1973. Goniatic-Coral associations from the Devonian of İstanbul: Kaya, O., ed., Paleozoic of İstanbul, E.Ü.Mühendislik Fakültesi Kitapları, No. 40,97-110, İzmir.

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.

OKAY, A. C., 1947. Geologische und petrographische Untersuchung des Gebietes zwischen Alemdağ, Karlıdağ und Kayışdağ in Kocaeli (Bithynien Türkei). Rev. Fac. Sci. l'Univ. d'Istanbul, ser. B, t. II, fasc. 4, İstanbul.

OKAY, A.C., 1948. Şile, Mudarh, Kartal ve Riva arasındaki bölgenin jeolojik etüdü, İst. Üni., Fen Fak. Mecmuası, SeriB, CiltXIII, 4, 311 - 335.

OTHMAN A. A. A., 2005. Construed geotechnical characteristics of foundation beds by seismic measurements, J. Geophys. Eng., 2 126-38.

ÖNALAN, M., 1982. Pendik bölgesi ve Adaların Jeolojisi ve Sedimenter özellikleri: İ.Ü. Yerbilimleri Fakültesi (Doçentlik tezi), 156.

PAECKELMANN, W., 1938. Geologie Thraziens, Bithyniens und der Prinzeninseln, Abh. Preuss. Geol., Berlin.

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.

SAYAR, C., 1976. "The Geology of the Golden Horn (Haliç) and Surrounding Region, Bosphorus University, National Symposium on the Golden Horn. S., 355-374.

SAYAR, M. ve PAMİR, H. N., 1933. "Küçükçekmece fosil fıkralı hayvanlar mecmuası, İ.Ü. Fen Fak. Jeoloji Enst. No: 8, s. 119.

SAYAR, M., 1951. İstanbul civarında Üst Miyosen omurgalılarına ait yeni müşahadeler, İTU Derg., C. 9, Y. 9, S. 3, 9-12, İstanbul.

SEED H. B, WOODWARD, R., J., JR., and LUNDGREN R., 1962. Prediction of swelling potential for compacted clays, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division,, American Society of Civil Engineers, Vol., 88, No. SM3, p. 53-87.

SOUPIOS P. 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) p. 163–70.

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

TERZAGHI K. And RALPH B. PECK., 1948. Soil mechanics in Engineering Practice, John Wiley and Sons, New York, The second edition by Ralph B. Peck, 1967.

ULUSAY, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji Müh. Odası Yayınları, 38, Ankara.

VAN DER MERVE DH., 1964. The prediction of heave from the plasticity index and percentage clay fraction, Trans SAICE, Vol. 6, No. 5, p. 103-107.

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 8 223–8.

WANG, W., 1979. “Some Findings in Soil Liquefaction” Report Water Conservancy and Hydro-electric Power Scientific Research Institute, Beijing, China, 1-17.

http://www.cedgm.gov.tr/dosya/cedtoplantilari/idk/302_idk.pdf

Atlas Dergisi, 2000.