

GÜMÜŞLER (DENİZLİ) YERLEŞİM ALANININ JEOLJİK-JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Erdal AKYOL, Ali KAYA, Suat TAŞDELEN, Turgay BEYAZ, Gulmustafa ŞEN
Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, DENİZLİ

ÖZET: Gümüşler Beldesi, Denizli şehir merkezinin kuzeybatı kısmındadır. Denizli ve çevresi sismik olarak aktif bir bölgede yer alır. İnceleme alanı, yaklaşık 18 km² yüzölçümüne sahip olup genişleme tektoniğine bağlı bir morfoloji sunmaktadır. Gümüşler (Denizli) yerleşim alanında Neojen ve Kuvaterner olarak yaşlandırılan iki farklı birim gözlenmektedir. İnceleme alanındaki suların pH değerleri 6,5-7, sülfat içerikleri 150-200 mg/lit ve magnezyum içerikleri 75-100 mg/lit arasında değişmektedir. Elde edilen değerler betona uygunluk açısından kabul edilebilir sınırlar arasındadır. İnceleme alanındaki birimlerin likit limiti % 14-52 ve plastisite indisi % 1-24 arasında bulunmuştur. Menard Presiyometre cihazı kullanılarak elde edilen nihai taşıma gücü 120 kPa-4600 kPa, Menard Elastisite Modülü 6,7-316,7 MPa arasında değişmektedir. İçsel sürtünme açısı (ϕ) 13°-40° ve kohezyon (c) değeri genel olarak 1-3 kPa arasındadır.

Anahtar kelimeler: Gümüşler, Denizli, Jeoloji, Jeoteknik, Sismotektonik.

Geological-Geotechnical Characteristics Of Gumusler (Denizli)

ABSTRACT: Gümüşler Municipality settlement area is located at the northwest of the Denizli city center in Aegean Region. Denizli and its neighboring area are in an active seismic region. The study area, is 18 km², has a morphology that is developed under the extension tectonics. There are two types of units in the investigation area which are Neogene and Quaternary aged ones. pH values, sulphate and magnesium content of the water samples in the study area 6.5-7, 150-200 mg/lit and 75-100 mg/lit respectively. It demonstrates that they can be used for concrete production. The studies show that liquid limit is between 14 % and 52 % and plasticity index ranges from 1 % to 24 %. Menard pressuremeter results suggest that ultimate bearing capacity of soils varies in a wide range that is between 120 kPa and 4600 kPa. Menard Elastic Modulus of the tested samples varies from 6.7 to 316.7 MPa. Internal friction angle (ϕ) and cohesion (c) of the soils are 13°-40° and 1-3 kPa respectively.

Keywords: Gümüşler, Denizli, Geotechnics, Geology, Seismotectonics.

GİRİŞ

Gümüşler Beldesi, Ege Bölgesinde Denizli şehir merkezinin kuzeybatı kısmında yer alır ve yaklaşık olarak 18 km²'lik bir alana sahiptir (Şekil 1). Bu çalışma kapsamında, Gümüşler (Denizli) yerleşim alanının jeolojik ve jeoteknik durumu değerlendirilmiştir.

Büyük Menderes Grabeni ile Gediz Grabeninin kesiştiği alanın doğusunda yer alan Denizli Havzası içerisinde bulunan inceleme alanı, genişleme tektoniğine bağlı bir morfoloji sunmaktadır. Yerleşim alanının güneyi yüksek dağlar ve sarp yamaçlarla kuşatılmış olup,

kuzeye doğru gidildikçe daha düşük seviyelerde yamaç molozu ve alüvyon yelpazesi niteliğinde kısmen daha az engebeli bir topografya hakimdir.

Bu çalışmada:

1. Arazide, jeolojik harita alımı yapılarak yerinde deneyler ve yöntemler planlanmıştır. Standart Penetrasyon deneyi (SPT), Menard Presiyometre deneyi yapılmış ve gözlem çukurları (GGC) açılarak incelenmiştir. SPT ve GGC'dan zemin numuneleri alınmıştır. İnceleme alanının hidrojeolojik özelliklerini belirlemek için su seviyesi ölçümleri yapılmış ve su numuneleri alınmıştır.

2. Laboratuvarında, SPT ve GGC'dan alınan zemin numunelerinin tane boyu analizi ve kıvam limitleri belirlenmiştir. Su örneklerinin kimyasal analizleri yapılmıştır.

3. Deney sonuçlarına bağlı olarak taşıma gücü değerleri ve suların betona zararlı etkinlik dereceleri belirlenmiştir.

İnceleme alanının jeolojik-tektonik, sondaj kuyusu (GSK) ve GGC dağılımı, yeraltı su tablası ve Denizli civarında meydana gelen depremlerin dış merkez dağılımı haritaları hazırlanmıştır.

JEOLJİ VE TEKTONİK

Ege bölgesi, günümüzde K-G yönlü aktif gerilme deformasyonunun etkisindedir. Bunun sonucunda, bölgenin jeolojisinde egemen yapı unsurları olarak D-B gidişli grabenler gelişmiştir. Grabenler, kenarlarından normal faylarla sınırlıdır.

İnceleme alanı ve yakın çevresinin arazi gözlemleri sonucu jeoloji haritası hazırlanmıştır (Şekil 2). Çalışma alanında Neojen ve Kuvaterner yaşlı birimler ayırt edilmiştir. Alttan üste doğru neojen yaşlı gölsel kireçtaşı, silt-kum-çakıl (N2) ardalanması, kiltası-marn-silt (N1) birimleri ve

5.

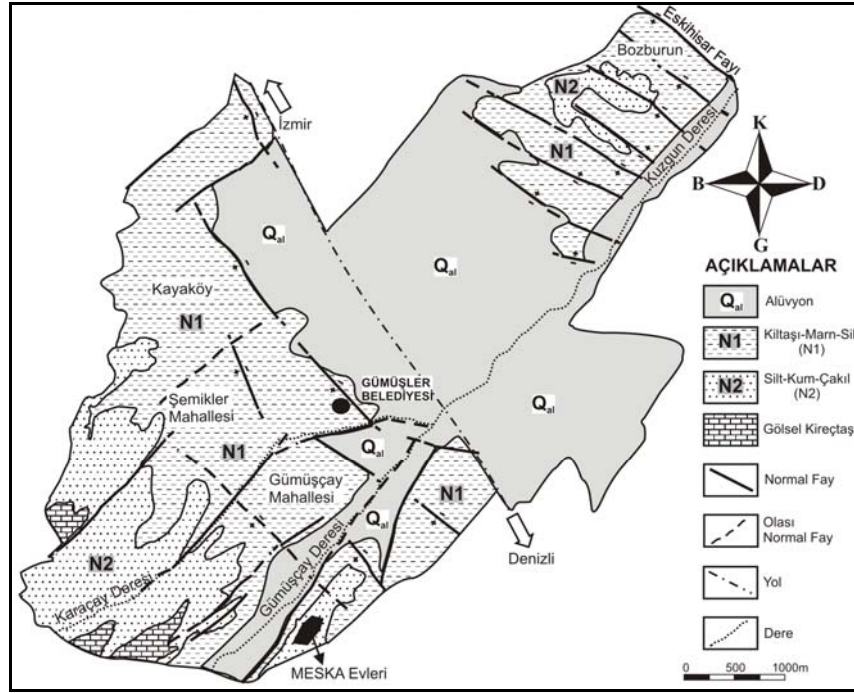
Denizli-İzmir karayolu çevresinde yoğunlaşan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar yer alır. Bölgede normal faylar hâkim olup kuzeydoğu sınırını Eskihisar Fayı oluşturmaktadır. Çalışma alanındaki alüvyal tortullar, nispeten daha düşük seviyedeki bölgelerde yer alır. Bu gevşek tortul karışımları, çalışma alanının güneyindeki yüksek dağlardan GB-KD doğrultulu birbirlerine paralel-yarı paralel dereler ile taşınmıştır. Altta Neojen tortulları üzerinde uyumsuz olarak bulunur.

4. GB' dan KD' ya doğru gittikçe tane boyu küçülerek çakıldan, kum, silt, kile doğru bir artış olur. Yamaç molozları ve alüvyon yelpaze birimleri birbirleriyle yanal ve düşey yönde geçişlidir. Karışımlarda killerin egemen olduğu yerler genellikle kahverenginin değişik tonlarında ve sarı renklidir. Siltlerin yoğun olduğu yerler kahverengi, yer yer gri ve beneklidir. Yelpaze tortulları içindeki birimlerden en yaygın olanı kum-silt-kil karışımlarıdır. Bu birim yelpaze ortamlarının nispeten daha düşük enerjili kesimlerinde depolanmıştır. Yanal ve düşey yönde çakıl-çakıltaşı düzeyleri ile geçişlidir.



Şekil 1. İnceleme alanının yerbulduru haritası.

Figure 1. Location map of the investigation area.



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası.

Figure 2. Geological map of the investigation area.

Gümüşler belediyesi mücavir alanı kuzeyde Karakova yükselimi, güneyde Babadağ fayı ile sınırlandırılmış bir alanda yer alır. Çalışma alanı dışında kalan, ancak bölgeyi güneyden sınırlandıran Babadağ fayı doğuda Bağbaşı'ndan başlayıp, batıda Babadağ'a kadar uzanır. Fayın güneydeki taban bloğunda Menderes masifine ait metamorfite, kuzeydeki tavan bloğu üzerinde ise Neojen ve Kuvaterner birimleri yer alır. Yaklaşık D-B doğrultulu ve kuzeye eğimli olan Honaz fayı, Batıda Karateke köyünden başlayıp, doğuya doğru Honaz üzerinden Menteş ve Kızıyer'e, oradan da alüvyonlar içinden geçip daha batıdaki Bozburun köyü, Laodikya antik kentini de katederek batıya uzanır. Honaz civarındaki, uzunluğu yaklaşık 13 km olan fay aktif olup, zaman zaman düşük ve orta büyüklükte depremler üretmektedir. 1965 ve 2000 yıllarında sırasıyla 5.7 ve 5.2 büyüklüklerinde iki deprem kaydedilmiştir. 1965 depreminde yüzey kırığı oluşmuştur (Bozkuş ve diğ., 2001; PAÜ, 2002).

HİDROJEOLJİ

Gümüşler Belediyesi mücavir alanı içindeki kaya birimlerinin hidrojeolojik özellikleri

incelenmiş; dere, kaynak, sondaj ve tulumalardan oluşan su noktaları haritalanmış; saha çalışmaları ve Gümüşler Belediyesi'nin bedelli kuyuları ile çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından açtırılan 26 adet sondaj kuyusuna ait dokümanlardan yararlanarak akifer özelliği gösteren birimler belirlenmiştir. Mevcut sondajlardan su seviyesi ölçümleri yapılmış ve sonuçlar haritada gösterilerek yorumlanmıştır (Şekil 3).

İnceleme alanında mevcut olan başlıca dereler Kuru, Gümüşçay, Karacay, Cinkaya, Şemikler, Hacığüllü ve Çatal dereleridir. Derelerin güzergâhları birbirlerine paralel olup, GB-KD doğrultulu ve akış yönleri KD'ya doğrudur.

Gümüşler beldesinde Neojen yaşlı gösel çökeller geniş bir yayılıma sahiptir. Bu birimin çakıllı ve kumlu seviyeleri akifer özellik göstermektedir. Ancak göl ve akarsu ortamında depolanmış olduklarından yanal ve düşey yönlerde killi ve siltli birimler ile geçişli olup, devamlılığı fazla olmayan, düzensiz yığılımlar halinde gözlenmektedirler. Ayrıca bölgede hüküm süren yoğun tektonizmanın neden olduğu faylar, geçirimli ve geçirimsiz birimleri karşı karşıya getirmiştir. Bu şekilde yanal ve

düşey yönlerde geçirimli ve geçirimsiz birimlerin ardalanması bileşik bir hidrolik sistem meydana getirmiştir. Bölgede yapılmış ve yapılacak olan sondajlarda bu sistemin farklı seviyelerinden su almak mümkündür. Bu yüzden, yeraltı suyu bazı kesimlerde serbest akifer özelliği gösterirken, bazı kesimlerde ise negatif (fışkırmayan) artezyen özelliği sunmaktadır.

Kuvaterner yaşlı alüvyon yarı geçirimli birimi oluşturur. Alüvyon kendi içinde yatay ve düşey yönde geçişli olan kil-silt-kum-çakıl ve organik kil-siltten yapılıdır. Gevşek tortul karışımlarından oluşan bu birimin bileşenleri, çalışma alanında güneybatıdan kuzey-kuzeydoğuya doğru gelişmiş olan paralel-yarı paralel drenaj ağı vasıtası ile çalışma alanı dışında ve güneyindeki yüksek dağlar ve sarp yamaçlardan taşınmıştır. Bu litolojilerden, geçirimsiz olan kil, silt, organik kil-silt gibi ince taneli bileşenler, nispeten daha iri bileşenli ve geçirimli olan çakıl ve kumlu düzeyler boyunca yüzey suyu akım yönüne paralel olarak güneybatıdan kuzeydoğuya doğru akan yeraltı suyu önünde yer yer geçirimsiz bariyerler oluşturarak yeraltı suyu akımını kısıtlar. Bu durum alüvyonda da yeraltı suyu seviyesinde yerel değişimlere neden olur.

Çalışma süresince en derini 11 m olan jeoteknik amaçlı araştırma çukurları ve temel sondajlarının hiç birinde yeraltı suyuna rastlanmamıştır. Çalışma alanı topografik olarak engebeli bir yapıya sahip olduğu için yeraltı suyunun yüzeyden itibaren derinliği çok değişkendir. İnceleme alanında Gümüşler Belediyesi'nin bedelli kuyuları ile çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından açtırılan 26 adet sondaj kuyusunda Mart 2003 tarihine ait yeraltı su seviyeleri ölçülmüş ve yeraltı su tablası haritası

çizilmiştir (Şekil 3). Gümüşler Belediyesi ve yakın çevresinde bölgenin jeolojik, hidrojeolojik, tektonik ve topografik yapısı gereği, yüzey ve yeraltı sularının genel akım yönü güneybatıdan kuzeydoğuya doğrudur. Bölgenin güneyinde bulunan yüksek dağların aldığı yağış suları yüzeyden ve yeraltından güneydeki ovalara kanalizasyon olur. Güzergâhları genel olarak birbirlerine paralel olup, akış yönleri kuzeydoğuya doğru olan yüzey drenaj ağı, bu durumun bir göstergesidir.

Haritada da görüldüğü gibi, inceleme alanının topografik olarak daha fazla eğime sahip olan güneybatı kesimlerinde hidrohipsler (eş su yükselti eğrileri) arasındaki mesafe, kuzeydoğuya doğru giderek azalmakta; İzmir asfaltının kuzeydoğusunda ise ovaya geçilen kısımda hızla artmakta, başka bir ifadeyle hidrolik eğim değişmektedir. Sanayi kuruluşlarının bulunduğu bu düzlük alanda açılmış olan bireysel sondajlardan sürekli yeraltı suyu işletimi yapıldığından dolayı statik seviye ölçümleri çok güvenilir olmadığından (yoğun işletmeden dolayı seviyelerin dinamik seviyeye dönüşmüş olmasından dolayı) hidrohipsler "muhtemel" olarak çizilmiştir. Bu kesimde birbirine yakın kuyularda bile farklı su seviyelerinin ölçülmesinin sebebi, farklı miktarlarda yeraltı suyu işletimi ve jeolojik olarak değişik boyutlardaki malzemelerin düzensiz yığılımlarından oluşmuş olan alüvyonda yerel permeabilite artışlarından kaynaklanmaktadır.

Standartlarda, doğadaki suların beton üzerine zararlı etkinlik derecesi için sınır değerler verilmiştir (TS 3440). İnceleme alanındaki yeraltı sularının beton üzerine zararlı olup olmadığı araştırılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Doğadaki suların beton üzerine zararlı etkinlik derecesi için sınır değerler.

Table 1. Critical chemical contents and the limit values of underground water to use in concrete production.

| | TS 3440'da yer alan sınır değerleri | | | İncelemede belirlenen değerler |
|------------------|-------------------------------------|----------|----------------|--------------------------------|
| | Zararlı etkinlik derecesi | | | |
| | Zayıf | Kuvvetli | Çok kuvvetli | |
| pH | 6,5-5,5 | 5,5-4,5 | 4,5'dan küçük | 6,5-7 |
| Magnezyum (mg/l) | 100-300 | 300-500 | 1500'den büyük | 75-100 |
| Sülfat (mg/l) | 200-600 | 600-3000 | 3000'den büyük | 150-200 |



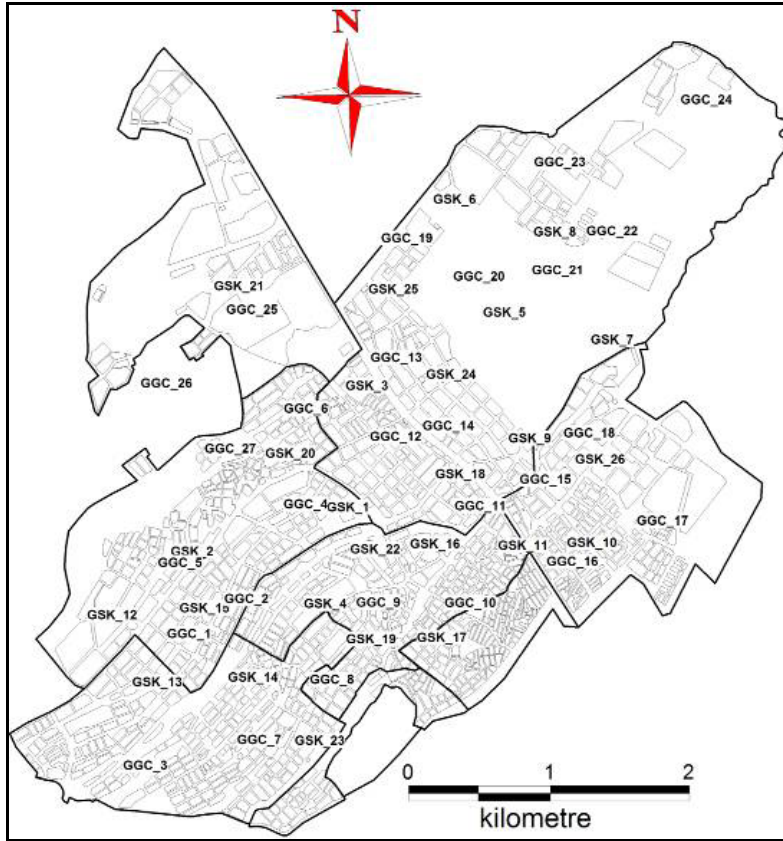
Şekil 3. Gümüşler Beldesi yerleşim alanları Mart 2003 dönemine ait yeraltı su tablası haritası (Akyol ve diğ., 2003).

Figure 3. Ground water isohips map of Gumusler Municipality settlement area at March, 2003 (Akyol et al., 2003).

İnceleme alanından alınan suların Pamukkale Üniversitesi Jeokimya Laboratuvarında yapılan analiz sonuçlarına göre pH değerleri 6,5-7, sülfat içerikleri 150-200 mg/lit ve magnezyum içerikleri 75-100 mg/lit arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre suların beton üzerine zararlı bir etkisi söz konusu değildir. Yeraltı suyu seviyesi yüzeyden itibaren temel seviyelerine göre daha derindedir (Şekil 3). Yeraltı suyu jeoteknik açıdan bir problem oluşturmayacaktır. Yapılarda kullanılacak çimentoların sülfata karşı dayanıklı olmasına gerek yoktur.

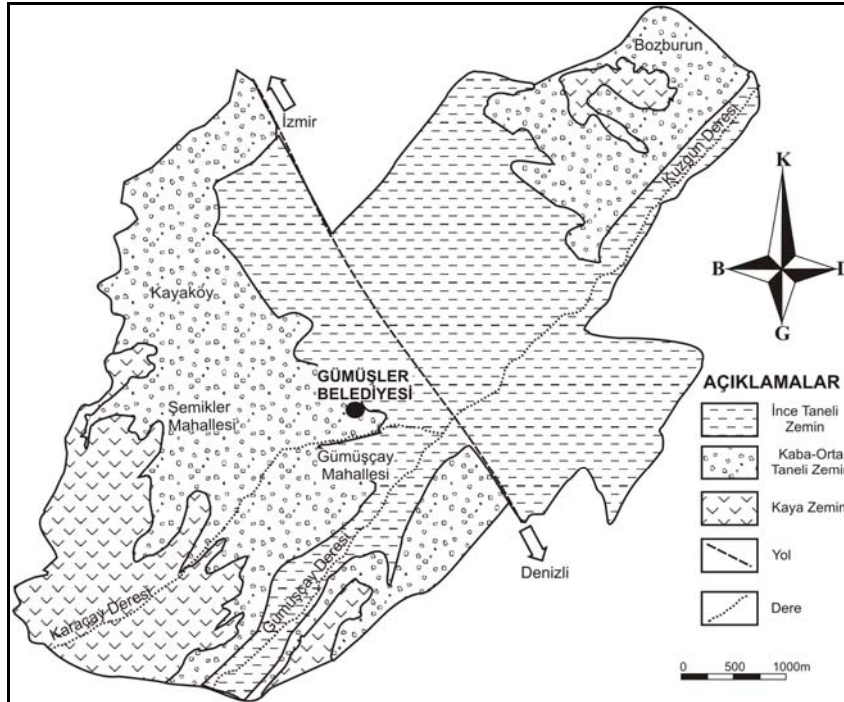
JEOTEKNİK ÖZELLİKLER

Jeoteknik amaçlı çalışmalar sırasında, 26 adet jeoteknik sondaj kuyusu (GSK) açılmıştır (Şekil 4). Sondajların her 1,5 m'de bir (yapılabildiği yerlerde) SPT ve çeşitli derinliklerde presiyometre deneyleri yapılmıştır. 27 adet gözlem çukurunda (GGC) (Şekil 4) zemin özellikleri yerinde incelenmiş, örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır.



Şekil 4. İnceleme alanındaki sondaj kuyusu ve gözlem çukuru dağılımı.

Figure 4. Drill holes and pit logs in study area.



Şekil 5. İnceleme alanındaki zeminlerin dağılımı.

Figure 5. Soil characteristics in study area.

Çizelge 2. İnceleme alanındaki zeminlerin fiziksel özellikleri.

Table 2. Physical properties of the tested soils.

| Sondaj No | Derinlik (m) | SPT-(N ₁) ₆₀ | q _{em} (kPa) | Cakıl (%) | Kum (%) | Kil-Silt (%) | LL | PI |
|-----------|--------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------|---------|--------------|----|----|
| GSK4 | 1,7 | 44 | 910 | 10 | 47 | 43 | 25 | 7 |
| GSK4 | 3,2 | >50 | | 10 | 38 | 52 | 23 | 4 |
| GSK4 | 6,2 | >50 | | - | 77 | 23 | - | - |
| GSK4 | 9,2 | >50 | | - | | | | |
| GSK4 | 10,7 | 12 | | - | 67 | 33 | - | - |
| GSK5 | 1,7 | 7 | 370 | - | 20 | 80 | 26 | 6 |
| GSK5 | 3,2 | 10 | | - | 50 | 50 | 20 | NP |
| GSK5 | 4,7 | 4 | | - | - | - | 24 | 5 |
| GSK5 | 6,2 | 7 | | - | - | - | 22 | NP |
| GSK5 | 7,7 | 16 | | - | - | - | 20 | 4 |
| GSK5 | 9,2 | 7 | | - | - | - | 21 | 4 |
| GSK5 | 10,7 | 12 | | - | - | - | 23 | 4 |
| GSK6 | 1,7 | 12 | 750 | | | | 26 | 4 |
| GSK6 | 3,2 | 13 | | - | 25 | 75 | 24 | 4 |
| GSK6 | 4,7 | 14 | | - | - | - | 30 | 9 |
| GSK6 | 6,2 | 10 | | - | - | - | 31 | 11 |
| GSK6 | 7,7 | 15 | | - | - | - | 35 | 9 |
| GSK6 | 9,2 | 16 | | - | - | - | 33 | 11 |
| GSK6 | 10,7 | 11 | | - | - | - | 22 | 5 |
| GSK11 | 1,7 | 18 | | - | 33 | 67 | 25 | 4 |
| GSK11 | 3,2 | 35 | | - | - | - | 17 | NP |
| GSK11 | 4,7 | >50 | | | | | | |
| GSK11 | 6,2 | >50 | | | | | | |
| GSK11 | 7,7 | 48 | | - | - | - | 14 | NP |
| GSK15 | 1,7 | 21 | 840 | 29 | 41 | 30 | 27 | 8 |
| GSK15 | 3,2 | 31 | | 35 | 45 | 20 | 20 | 3 |
| GSK15 | 4,7 | 23 | | 21 | 50 | 29 | 21 | 5 |
| GSK15 | 6,2 | 35 | | 16 | 57 | 27 | 20 | NP |
| GSK15 | 7,7 | 30 | | | | | | |
| GSK15 | 9,2 | 27 | | | | | | |
| GSK17 | 1,7 | 14 | 690 | 8 | 53 | 39 | 18 | NP |
| GSK17 | 3,2 | 25 | | 8 | 59 | 33 | 19 | NP |
| GSK17 | 4,7 | 25 | | - | 68 | 32 | 26 | 4 |
| GSK17 | 6,2 | 32 | | - | - | - | 28 | 9 |
| GSK17 | 10,7 | 24 | | - | - | - | 22 | 5 |
| GSK20 | 1,7 | 20 | 550 | 8 | 36 | 56 | 35 | 7 |
| GSK20 | 3,2 | >50 | | 24 | 32 | 44 | 43 | 8 |
| GSK20 | 4,7 | 48 | | 26 | 38 | 36 | 30 | 7 |
| GSK20 | 6,2 | 30 | | - | - | - | 36 | 11 |
| GSK20 | 7,7 | 9 | | - | - | - | 35 | 11 |
| GSK20 | 9,2 | 14 | | - | - | - | 30 | 6 |
| GSK24 | 1,7 | 20 | 1120 | 48 | 34 | 18 | 16 | NP |
| GSK24 | 3,2 | 19 | | 41 | 48 | 11 | 18 | NP |
| GSK24 | 4,7 | 23 | | 15 | 58 | 27 | 19 | NP |
| GSK24 | 6,2 | 38 | | 5 | 47 | 48 | 22 | 5 |
| GSK24 | 7,7 | 25 | | 3 | 42 | 55 | 23 | 6 |
| GSK25 | 1,7 | 8 | 670 | 20 | 20 | 60 | 20 | NP |
| GSK25 | 3,2 | 23 | | 18 | 29 | 53 | 16 | NP |
| GSK25 | 4,7 | 33 | | 24 | 41 | 35 | 16 | NP |
| GSK25 | 6,2 | 30 | | 39 | 56 | 5 | 12 | NP |
| GSK25 | 7,7 | 28 | | 15 | 63 | 22 | 15 | NP |
| GSK25 | 9,2 | 21 | | | | | | |

Zeminlerin fiziksel özellikleri

Sondajlar ve gözlem çukurlarından elde edilen numuneler üzerinde yapılan deney sonuçlarının birlikte değerlendirilmesiyle: Likit limit (LL) % 14–52, plastik limit % 10–35, plastisite indisinin (PI) % 1–24 arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Plastisite indisinin genellikle % 4–9 aralığında yoğunlaştığı gözlenmektedir. Dolayısıyla zeminlerin içeriğindeki az miktardaki su değişimine bağlı olarak faz değişimine maruz kalabilir ve dayanımlarında önemli değişiklikler olabilir.

Çalışma alanındaki birimler ince taneli zeminler, kaba-orta taneli zeminler ve kaya zeminler olmak üzere sınıflandırılmıştır (Şekil 5). İnceleme alanında yaygın olarak CL-ML, SM, GM, ML ve inceleme alanının güneybatısında kaya birimleri bulunmaktadır. İnceleme alanındaki birimler, “Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’e (1997)” göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda yönetmelikte verilen yerel zemin sınıflarına rastlanmaktadır.

Zeminlerin Mekanik Özellikleri ve Taşıma Gücü

Menard presiyometre cihazı kullanılarak elde edilen nihai taşıma gücü değerleri 120 kPa ile 4600 kPa arasında değişmektedir. Güvenlik katsayısı 3 alınarak, zeminlerin izin verilebilir

taşıma gücü (q_{em}) değerleri hesaplandığında, değerlerin 40 kPa ile 1530 kPa arasında olduğu görülmektedir. Alt değerler göz önüne alındığında, bu değerlerin standart yapılaşma için uygun olmadığı ve bu özelliklerin gözlemlendiği yerlerde zemin iyileştirmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Elastisite Modüllerinin ise 6,7 ile 316,7 MPa arasında değiştiği görülmektedir.

İçsel sürtünme açısı (ϕ) 13° ile 40° ve kohezyon değeri (c) 1 ile 39 kPa arasında hesaplanmıştır. Ancak bu değerler genellikle 1–3 kPa arasında yoğunlaşmaktadır. Zeminin Atterberg özelliklerine bağlı olarak, yukarıda açıklanan mekanik parametrelerde önemli değişiklikler gözlenebilir.

Konsolidasyon deney sonuçlarına göre zemin örneklerinde kil oranının az olması nedeniyle oturmaların nispeten hızlı olacağı öngörülebilmektedir.

Sismotektonik Özellikler

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi (DAD)’nin verilerine göre; tarihi dönemlerde (Çizelge 3) ve 1900 yılı sonrasında (Çizelge 4) Denizli çevresinde hasar yapıcı depremler meydana gelmiştir. 1945 yılında $M=4,7$; 1963’te $M=5,5$; 1976’da $M=4,9$ olan depremler bunlardan bazılarıdır.

Çizelge 3. Denizli ve çevresindeki bazı tarihi depremler ve neden olduğu kayıplar (Ambraseys and Finkel, 1995; Demirtaş, ve diğ., 2003; Altunel, 2000).

Table 3. Historical earthquakes and damages in Denizli (Ambraseys and Finkel, 1995; Demirtaş, et al., 2003; Altunel, 2000).

| Tarih | Yer | Magnitüt* | Ölüm/Hasar |
|--------|-----------------------|-----------|--|
| MÖ 65 | Denizli-Honaz | 6.2 | Honaz ve Denizli’vi etkilemiştir |
| MÖ 60 | Pamukkale | 6.6 | İki antik şehir yıkılmıştır |
| MÖ 26 | Aydın-Denizli | 6.2 | Trailes (antik şehir) tamamen yıkılmıştır |
| MÖ 20 | Denizli-Akhisar | 6.2 | - |
| MÖ 17 | Gediz-Denizli | 6.6 | 12 antik şehirde zarar, yüzeyde acılma ve hevelanlar |
| MÖ 60 | Pamukkale | 6.6 | Laodikya ve Hierapolis tamamen yıkılmış |
| MÖ 494 | Pamukkale | - | Hierapolis ve Phrygia’da ağır hasar |
| 7. vv | Denizli? | - | Hierapolis’te ağır hasar |
| 1653 | İzmir-Alasehir-Aydın- | 6.6 | Denizli’de ağır hasar; İzmir ve Aydın’da 3000’den |
| 1703 | Denizli-Saravköv- | 6.2 | Denizli, Saravköv ve Pamukkale’de 12000 ölü ve ağır |
| 1717 | Denizli-Saravköv- | - | 6000 ölü |
| 1744 | Nazilli | 6.2 | Nazilli ve Denizli’de 15000 ölü ve ağır hasar |
| 1886 | Denizli-USak | - | Denizli ve Usak’ta ağır hasar |
| 1889 | Denizli | 6.6 | Denizli’de hasar |

*Şiddet ölçeğinden dönüştürülmüştür.

Çizelge 4. 1900 yılından itibaren Denizli’de meydana gelen depremler ($M \geq 4,5$) (DAD, KRDAE).*Table 4. Earthquake in Denizli occurred since 1900 ($M \geq 4.5$) (ERD, KOERI).*

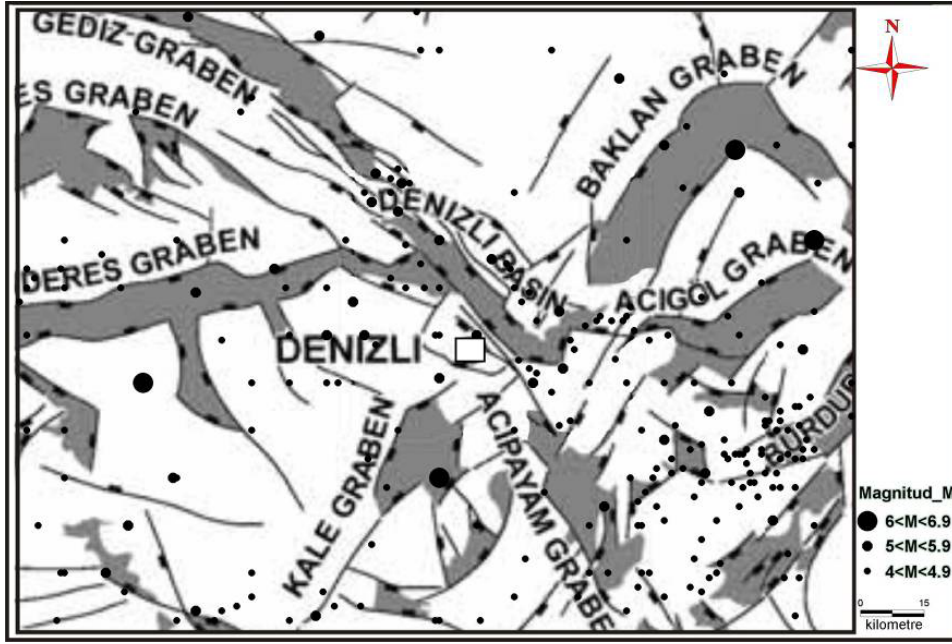
| Tarih | Aletsel Büyüklük (Magnitüt) | Yer | Can Kaybı | Hasarlı Bina |
|------------|-----------------------------|---------|-----------|------------------|
| 20.09.1900 | 5 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 20.11.1922 | 4,8 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 11.09.1923 | 4,9 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 07.08.1925 | 5,9 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 08.05.1929 | 4,6 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 17.09.1933 | 5,7 | Civril | 20 | 200 |
| 21.12.1945 | 4,7 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 10.08.1948 | 5,1 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 21.06.1961 | 5,4 | Denizli | - | 54 |
| 11.03.1963 | 5,5 | Denizli | 14 | 488 |
| 13.06.1965 | 5,7 | Honaz | - | Tespit edilemedi |
| 17.06.1965 | 4,5 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 02.12.1965 | 4,6 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 29.03.1966 | 4,9 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 19.07.1967 | 4,9 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 25.07.1967 | 4,5 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 13.11.1967 | 4,5 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 28.03.1970 | 4,8 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 20.02.1971 | 4,5 | Denizli | - | Tespit edilemedi |
| 19.08.1976 | 4,9 | Denizli | 4 | 887 |
| 24.02.1989 | 4,8 | Honaz | - | 11 |
| 18.07.1990 | 5,2 | Cameli | - | Tespit edilemedi |
| 18.08.1995 | 4,9 | Kaklık | - | 142 |
| 21.04.2000 | 5,2 | Honaz | - | - |
| 04.10.2000 | 4,7 | Denizli | - | - |
| 23.07.2003 | 5,3 | Buldan | - | - |
| 26.07.2003 | 5,1 | Buldan | - | 652 |
| 26.07.2003 | 5,5 | Buldan | - | - |
| 26.07.2003 | 5,0 | Buldan | - | - |

1995 yılında Denizli-Kaklık merkezli deprem sonucunda ise can kaybı olmamış ancak 142 binada hasar meydana gelmiştir. Bu depremden sonra Honaz-Kızıyer Köyü terk edilerek daha kuzeyde bir alana yerleşilmiştir. Aynı depremde ayrıca Karateke ve Kızıyer Köyleri arasında yaklaşık 15 km uzunluğunda bir yüzey kırığı oluşmuştur. 2003’te Buldan’da büyüklükleri 5,0 ile 5,5 arasında değişen depremlerin meydana gelmesi bölgenin sismik olarak aktif olduğunu göstermektedir.

Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TUBİTAK)’na bağlı Marmara Araştırma Merkezi (MAM)’nin 2000 yılında Denizli şehir merkezine yakın bölgede yaptığı ve aynı yılın Eylül ayına ait mikro depremler incelendiğinde, üç ayrı deprem kümelenmesinin olduğu görülmektedir. Bunlar yoğunluk sırasıyla KB-GD doğrultulu olan Denizli Havzasının kuzey sınırında Pamukkale-Üzerlik

Köyü, Denizli-Kaleköy ve doğu ucunu Karapınar Köyünün oluşturduğu D-B doğrultulu yoğunlaşmalardır (Özalaybey ve diğ., 2000). Aynı çalışma sonucuna göre, Denizli havzasını sınırlayan güneydeki ana sınır graben faylarında ve Büyük Menderes Grabeninin doğu ucundaki sınır faylarda herhangi bir sismik hareketlilik görülmemiştir.

Tarihsel deprem verileri incelendiğinde, Denizli ve çevresinde meydana gelen depremlerin odak merkezleri Gediz ve B. Menderes grabenlerinin doğu uçları ile Denizli havzası dolaylarında yoğunlaştığı gözlenir (Şekil 6). Son yıllarda yapılan gözlemlerle, havza gelişimine paralel olarak fayların havza içine doğru ilerlediği ve grabenin güney kanadı ile Karakova yükselimine bağlı olarak havza ortasında sismik aktivitenin yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 6). Bu nedenle bu bölge depremsellik bakımından oldukça önemlidir.



Şekil 6. İnceleme alanı çevresinde meydana gelen depremlerin dışmerkez dağılımı.

Figure 6. Earthquake epicentres in the investigation and neighbouring area.

SONUÇLAR

Gümüşler (Denizli) ve yakın çevresi sismik olarak aktif bir bölgede yer almaktadır.

Gümüşler Belediyesi mücavir alanında Neojen ve Kuvaterner olmak üzere iki farklı yaşta birim gözlenmektedir. Neojen birimleri, arazi gözlemleri ve sondaj verilerine göre alt bölümlere ayrılmıştır.

İnceleme alanında mevcut derelerin güzergâhları birbirlerine paralel olup, KD-GB doğrultulu ve akışları KD yönlüdür.

Analizi yapılan su numunelerinin pH değerleri 6,5-7; sülfat içerikleri 150-200 mg/lt ve magnezyum içerikleri 75-100 mg/lt arasında değişmektedir. Elde edilen değerler betona uygunluk açısından kabul edilebilir sınırlar arasındadır.

Çalışma alanındaki birimlerin nihai taşıma gücü değerleri 120 kPa ile 4600 kPa arasında

değişmektedir. İncelenen birimlerin likit limit değerleri % 14-52 ve plastisite indisi değerleri % 1-24 arasında bulunmuştur. Menard elastisite modülünün ise 6,7 ile 316,7 MPa arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler, inceleme alanındaki zemin özelliklerinin çok geniş bir aralıkta bulunduğunu ortaya koymaktadır. İçsel sürtünme açısı (ϕ) 13° ile 40° ve kohezyon değeri (c) genellikle 1-3 kPa arasında yoğunlaşmaktadır. Bu değerler atterberg limitlerine göre önemli değişiklikler gösterebilir.

İnceleme alanında jeoteknik açıdan çok farklı özelliklerde birimlerin olduğu gözlenmektedir. Zeminlerin mühendislik özelliklerinin çok düşük olduğu yerlerde uygun mühendislik önlemlerinin alınması yararlı olacaktır.

İnceleme alanındaki birimlerin jeoteknik davranışları jeolojik özellikleriyle yakından ilişkilidir.

KAYNAKLAR

- Akyol, E., Taşdelen, S., Kaya, A., Şen, G., Gülbaş, E., 2003, Gümüşler Belediyesi (Denizli) Yerleşim Alanlarının Jeolojik ve Jeoteknik İncelemesi, Rapor, 247 s., Denizli.
- Altunel, E., 2000, Hierapolis ve Yakın Çevresinde Tarihsel Deprem Aktivitesi (Ricerche Archeologiche Turche Nella Valle Del Lykos; Eds.: F. D'Andria and F. Silvestrelli), 315-331.

- Ambraseys, N.N. and Finkel, C.F., 1995, The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas: A Historical Review, 1500-1800, Eren Yayıncılık, İstanbul.
- Bayındırlık ve İşkân Bakanlığı, 1997, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Ankara.
- Bozkuş, C., Kumsar, H., Özkul, M. ve Hançer, M., 2001. Seismicity of Active Honaz Fault Under an Extensional Tectonic Regime. Int. Earth Sci. Coll.on the Aegean Region, 7-16, İzmir-Turkey.
- DAD, www.deprem.gov.tr
- Demirtaş, R., Erkmen, C., Yaman, M., Eravcı, B., Aktan, T., Tepeuęur, E. and Özdemir, F., 2003. Denizli ve Civarında Deprem Üreten Diri Faylar ve Pamukkale Fayının Paleosismisitesi, Rapor, DAD, Ankara.
- KRDAE, www.koeri.boun.edu.tr
- PAU, 2002, Denizli Yerleşim Alanlarının Jeolojik, Hidrojeolojik ve Jeoteknik Özellikleri, Rapor, 762 s.
- Özalaybey, S., Ergin, M., Biçmen, F., Tapırdamaz, C., Yörük, A., Tarancıoğlu, A., Saatçılar, R. ve Ergintav, S., 2000, Denizli Bölgesi'nde Mikrodeprem Etkinlięinin Araştırılması, TÜBİTAK-MAM, Proje No:5007102, Sonuç Raporu.
- TS 3440, 1982, Zararlı Kimyasal Etkileri Olan Su, Zemin ve Gazların Etkisinde Kalacak Betonlar İçin Yapım Kuralları, Ankara, Türkiye.

